Encyklopädisches Handbuch

des

Maschinen- und Fabrikenwesens

für

Kameralisten, Architekten, Künstler, Fabrikanten und Gewerbtreibende jeder Art;

nach den

besten deutschen, englischen und französischen Hülfsmitteln bearbeitet

von

Carl Hartmann,

der Philosophie Doktor, Herzoglich Braunschweigischem Bergcommissair, mehrer Gelehrten- und Gewerbsvereine Mitgliede ꝛc.

Ersten Theiles erste Abtheilung,

enthaltend eine einleitende Uebersicht der Grundsätze des Maschinen- und Fabrikenwesens, allgemeine Bemerkungen über die Kräfte und die specielle Beschreibung der Handmühlen, Treträder, Roßmühlen, Windmühlen, Wasserräder, Wasserkünsten- und Dampfmaschinen.

Mit 24 lithographirten Tafeln.

Mm.d.Innern

Leipzig & Darmstadt.

Druck und Verlag von Carl Wilhelm Leske.

1838.

Digitized by Google

BIBLIOTECA

Digitized by Google

Vorrede.

Die anerkannte Nützlichkeit und auf der andern Seite der Mangel eines, dem jetzigen Zustande der Wissenschaften und Gewerbe entsprechenden, Handbuchs über zwei sehr umfassende, aber auch sehr ins Leben schlagende Fächer, das Maschinen- und das Fabrikenwesen und endlich die Voraussetzung, daß durch die Ausarbeitung eines solchen eine fühlbare Lücke in der technischen Literatur ausgefüllt werden würde, haben zur Entstehung des gegenwärtigen Werkes den ersten Anlaß gegeben. Die Idee dazu ging von dem Herrn Verleger aus, der in den letztern Jahren ein Hauptaugenmerk auf die immer wichtiger werdende technische Literatur gerichtet hat; er beabsichtigte aber anfänglich nur eine deutsche Uebersetzung von dem, 1836 zu London erschienenen:

„Treatise on the Manufactures and Machinery of Great Britain, by *Peter Barlow*. To which is prefixed, an introductory View of the Principles of Manufactures, by *Charles Babbage*,"

welches Werk drei Bände der „Encyclopaedia Metropolitana" bildet, und es hatte ihm der Herr Oberbaurath Heß zu Darmstadt, der ruhmlichst bekannte Bearbeiter von Rondelet's l'Art de bâtir, seine bedeutende Hülfe dabei zugesagt.

Das Barlow'sche Werk enthält aber, obwohl es im Allgemeinen ein ganz vortreffliches Buch ist, seiner Bestimmung gemäß, nur Beschreibungen solcher Maschinen und Fabrikationen, die in Großbritannien erfunden worden sind. Wie bedeutend die Verdienste dieses großartigen Fabriklandes um alle technischen Erfindungen und Verbesserungen nun auch immerhin sein mögen, wenn sich auch ferner nicht verkennen läßt, daß sehr viele Reformen beim Maschinen- und Fabrikenwesen im Allgemeinen von dort ausgegangen sind, so ist denn doch auch auf dem Festlande in neuerer Zeit so sehr viel in jenen Fächern geschehen, daß eine bloße Uebersetzung jenes Werks nur sehr einseitigen Werth für Deutschland haben konnte. Auch enthält es zuviel Geschichtliches, was für das Publikum eines rein technischen Werks nur geringeres Interesse hat.

Aus diesem Grunde machte ich daher dem Herrn Verleger den Vorschlag zu einem Werke, wie es der Titel bezeichnet, über dessen Plan ich sogleich weiter reden werde; er ging auf meine Vorschläge ein, und die Arbeit sollte unter Mitwirkung des Herrn Heß begonnen werden, als dieser würdige Mann nach kurzem Krankenlager, im 51sten Jahre seines thätigen Lebens, einem bösartigen Nervenfieber unterlag, so daß das bedeutende Werk, von welchem ich hier die erste Abtheilung, nicht ohne einige Scheu, da ich die großen Schwierigkeiten einer befriedigenden Lösung der Aufgabe sehr wohl einsehe, dem Publikum hiermit vorlege, mir allein obliegt.

Die allgemeinen Begriffe aus der reinen und angewandten Mathematik, aus der Physik, Chemie und Naturgeschichte, muß ich als bekannt voraussetzen; sie dürfen überhaupt keinem Gewerbtreibenden fehlen, der über den engen, jetzt nur noch mit Schaden zu betretenden Kreis der Empirie hinausgehen will. Uebrigens aber habe ich, stets das Publikum berücksichtigend, welchem das Werk bestimmt ist, das Praktische überall hervorzuheben gesucht, ohne das Wissenschaftliche zu vernachlässigen. Von Formeln konnten aus den obigen Gründen nur leicht faßliche angewendet werden; sie sind ja ohnehin nicht die Hauptsache bei dem mathematischen Theile des Maschinenwesens, da nur wenige, aus der Erfahrung abgeleitete, wahren Werth für den ausführenden Mechaniker haben.

Die Anordnung des Werks ist folgende:

Der erste Theil handelt von dem Maschinenwesen, d. h. von solchen Maschinen, die eine allgemeinere Anwendung haben und nicht nur einzelnen Fabrikationszweigen angehören. Es zerfällt dieser

Digitized by Google

erste Theil in drei Abtheilungen, bei welcher Eintheilung hauptsächlich der Zweck im Auge behalten worden ist, die Anschaffung des Werks zu erleichtern, da eine jede Abtheilung ein selbstständiges Buch bildet, und für sich ausgegeben werden wird.

Die erste Abtheilung handelt, nach Vorausschickung einer allgemeinen Uebersicht der Grundsätze des Maschinen- und Fabrikenwesens nach Professor Babbage's geistreicher Arbeit, in Barlow's Werk,* von den bewegenden Kräften im Allgemeinen, von den Hindernissen der Bewegung, von den Elementartheilen der Maschinen, von der Anwendung der Menschen- und Thierkräfte, von den Windmühlen, von den Wasserrädern, von den Wassersäulenmaschinen und von den Dampfmaschinen und ihrer Anwendung auf die Schifffahrt. Von dem Elektromagnetismus, der erst kürzlich in die Reihe der bewegenden Kräfte getreten ist, wie uns das eben erschienene zweite Septemberheft d. J. von Dingler's polytech. Journal in einem recht interessanten Artikel aus dem New-York Herald erzählt, konnte ich noch nicht reden, bin aber vielleicht im Stande, darüber etwas Bestimmtes in der dritten Abtheilung aufzunehmen, indem die Kraft zur Bewegung eines Eisenbahnwagens angewendet worden ist.

In der zweiten Abtheilung wird die Beschreibung verschiedener im gemeinen Leben, in dem Gewerbs- und Fabrikenwesen angewendeten Maschinen gegeben werden, als: der Wagenwinden, Krahne, Rammen, Pumpen, Feuerspritzen, Schrauben-, Keil-, Kniehebel- und hydraulischen Pressen, der Buchdruckerpressen und Buchdruckermaschinen, der Holz- und Marmor-Schneidmaschinen, Furnirschneidmaschinen, der Farbe-, Loh- und Tabaksmühlen ꝛc.

Die dritte Abtheilung handelt von den Eisenbahnen und dem Transporte auf denselben mittelst Thier- und Dampfkräften. Dieser wichtige Theil der Technik durfte hier nicht übergangen werden, obwohl der Plan des Werks nur eine gedrängte Beschreibung von diesem, Zeit und Entfernung gänzlich verändernden, Vehikel zu geben gestattet.

Der zweite Theil des Werks, der bei weitem stärkere, umfaßt das Fabrikenwesen, und zerfällt in zwei Abtheilungen. Die erste derselben handelt von der Gewinnung und Verarbeitung der in den Künsten und Gewerben angewendeten Metalle, und zerfällt wiederum in fünf Abschnitte. Der erste derselben ist der Gewinnung von Roheisen, Stabeisen, Stahl, Kupfer, Zink, Zinn, Blei, Messing, Tombak, Bronze, Argentan, Silber, Gold und Platin gewidmet; es werden in derselben die Schmelzöfen, Heerde, Gebläse und die verschiedenen Prozesse, um die genannten Metalle darzustellen, beschrieben. — Der zweite Abschnitt handelt von der Gießerei, als einer ersten Stufe der Verarbeitung der Metalle, und es werden dabei alle zur Gießerei und Förmerei des Eisens, Messings, der Bronze, des Bleies, Zinnes, Silbers und Goldes erforderlichen Formen, Oefen und sonstigen Apparate beschrieben werden. — In dem dritten Abschnitte wird von dem Schmieden, Walzen und Ziehen des Eisens und der andern Metalle, zu Stäben, Blech, Draht, Röhren ꝛc., so wie von den dazu erforderlichen Hammer- und Walzwerken, Ziehbänken, Glühöfen ꝛc. geredet. — Zu der feinern Ausarbeitung der Metallfabrikate, sind eine Menge von Maschinen und Vorrichtungen, als Scheeren, Durchschnitte, Durchschläge, Dreh- und Bohrbänke, Dreh- und Bohrmaschinen, Hobel- oder Feilmaschinen, Schraubenschneidmaschinen, Theil- und Schraffirmaschinen u. s. w., u. s. w. erforderlich, von denen und den verschiedenen Manipulationen mit denselben in dem vierten Abschnitte geredet werden wird. — Der fünfte endlich wird sich mit der Beschreibung wichtiger einzelner Metallfabrikationen, wie z. B. der Nägel, Nadeln, Ketten, Münzen, Kleiderknöpfe, Schlösser, Feuergewehre, Schneidwaaren, gezahnten Räder, Uhren u. s. w. beschäftigen.

Die zweite Abtheilung des zweiten Bandes, gleich wichtig, wie die erste, wird alle übrigen Fabrikationszweige, oder die Verarbeitung verschiedener Mineral-, Pflanzen- und Thierstoffe umfassen. Es gehören hierher die Fabrikation des Glases, der Ziegeln, der Töpferwaaren, der Fayence, des Steinguts, des Porzellans; die Bereitung des Leuchtgases, die Gewinnung des Oels, die Darstellung des Mehles; die Papierfabrikation; die Verspinnung des Flachses, Hanfs, der Baumwolle, Wolle und

* Es ist diese Einleitung ein Umriß von dem, was Herr Babbage in der, in mehren Auflagen, 1832 und 1833 erschienenen, »Economy of Machinery and Manufactures« — unter dem Titel: »Ueber Maschinen- und Fabrikenwesen,« deutsch bearbeitet vom Dr. Friedenberg in Berlin (1833) — weitläuftiger entwickelt hat. Diese deutsche Uebersetzung habe ich bei Bearbeitung der Einleitung mit zu Rathe gezogen.

Digitized by Google

Seide zu Garnen, die Verwebung derselben zu Zeugen verschiedener Art, die Bleichkunst, Färberei, Zeugdruckerei, die Hutmacherkunst; die Gerberei, die Zuckerfabrikation, die Salzgewinnung, Branntweinbrennerei, Essig- und Bierbrauerei u. s. w., u. s. w. — Den Beschluß des Ganzen, welches ungefähr 120 Bogen und eben so viel lithographirte Tafeln umfassen und im Laufe des Jahrs 1838 vollendet sein wird, soll ein sorgfältig ausgearbeitetes Register machen, um den Gebrauch des Werks als Handbuch möglichst zu erleichtern.

Der Zweck des Werks ist schon auf dem Titel deutlich ausgesprochen worden; es gehört zu der in Deutschland noch immer nicht sehr zahlreichen Klasse von Schriften, die als Handbuch und Lesebuch für ein größeres Publikum und zu dessen Selbstunterricht und Belehrung bestimmt sind; allein auch der eigentliche Wissenschaftsmann wird es nicht unbefriedigt aus der Hand legen. Für ihn sind auch die weitern Nachweisungen von Schriften, in denen die verschiedenen Zweige weitläuftiger behandelt worden, bestimmt. Von besondern Nutzen wird das Buch ferner Lehrern und Schülern in Gewerbs- und polytechnischen Schulen sein, erstern, um sich zu dem mündlichen Vortrage vorzubereiten und den Schülern Werkzeuge, Maschinen, Oefen, Prozesse ꝛc., mit Hülfe der vielen Abbildungen, durch Kreide-Zeichnungen an der Tafel zu erklären, indem jene in den Lehrbüchern nur angedeutet sein können; den Schülern zur Wiederholung des von dem Lehrer Vorgetragenen. Die Repetition mit Hülfe eines solchen Werks ist stets zweckmäßiger, als die mittelst eines nachgeschriebenen Heftes, dessen Niederschreiben die Schüler oft abhält, den Demonstrationen des Lehrers mit Modellen und Abbildungen die gehörige Aufmersamkeit zu widmen. Dies ist aber bei technischen Vorträgen um so mehr zu berücksichtigen, indem dabei der Schüler eben so viel sehen als hören soll. Um den Werth des Werkes bleibender zu machen, soll von Zeit zu Zeit, etwa alle Jahr, ein Supplementheft folgen, welches auf wenigen Bogen die wichtigsten neuen Erfindungen und Verbesserungen im Maschinen- und Fabrikenwesen enthalten und einen Jahresbericht derselben bilden wird. Da die technischen Journale Alles aufnehmen müssen, so ist solch eine Auswahl des Bessern und Geprüftern vielleicht von großem Nutzen.

Was nun die dem Werke beigegebenen lithographirten Abbildungen betrifft, deren sehr gelungene Ausführung den lithographischen Anstalten des Herrn Donndorf in Frankfurt a. M., Frommann in Darmstadt und Lehnhardt in Mainz zu großer Ehre gereicht, so darf man in denselben keine genauen Werkzeichnungen der Maschinen, Werkzeuge u. s. w. für den ausführenden Mechaniker suchen, indem solche dem Zwecke des Werkes gänzlich entgegen sein würden. Da aber Abbildungen der Art ein sehr wesentliches Bedürfniß der deutschen technischen Literatur sind, so freue ich mich, versichern zu können, daß diese Lücke jetzt auf die befriedigendste Weise ausgefüllt wird. Herr Hector Rößler, Secretär des Gewerbvereins und Lehrer an der höhern Gewerbsschule zu Darmstadt, ist mit „Musterblättern von Maschinenbauzeichnungen, zum Gebrauch für Mechaniker, Gewerbsschulen und Gewerbsvereine" beschäftigt. Sie werden in 5 bis 6 Heften, jedes von 10 lithographirten Blättern in Großfolio, mit erläuterndem Text, bei dem Verleger dieses Werks, und das erste Heft wird gleichzeitig mit der vorliegenden Abtheilung erscheinen. Die Franzosen besitzen schon längere Zeit solch ein Werk in:

Leblanc, Choix de Modèles appliqués à l'enseignement du Dessin de Machines, avec un texte descriptif. 60 planches. Paris, 1830.

Leblanc war Professor am Conservatorium der Künste und Gewerbe zu Paris und hat sich durch seine trefflichen Kupferwerke um die Technik sehr verdient gemacht. — Seine Wittwe giebt jetzt ein ähnliches Werk, „Le Mécanicien constructeur," heraus, und mehre andere Werke von ihm citiren wir noch weiter unten.

In Beziehung auf die, meinem Werke beigegebenen Abbildungen muß ich ferner bemerken, daß ganz Bekanntes und Veraltetes überall wegblieb und daß ich mich bemüht habe, nur gute, als brauchbar bewährte und möglichst neue Maschinen, Werkzeuge, Oefen u. s. w. darzustellen. Wie schwierig dies zu erreichen stand, wird ein Jeder leicht einsehen.

Die Quellen, welche ich benutzte, sind freilich überall im Texte oder am Ende der Capitel angegeben worden, allein ich will doch die bedeutendsten, allgemeinern und häufig angewendeten hier nennen.

Das oben angeführte Werk von Barlow, welches eigentlich zur Entstehung des vorliegenden Veranlassung gegeben hat, ist vielfach benutzt und besonders ist dies von dessen Abbildungen zu bemerken, wel-

Digitized by Google

ches die trefflichsten Stahlstiche von einem berühmten englischen Künstler sind. So wenig sich nun das Barlow'sche Buch, wie schon oben bemerkt, zu einer bloßen Uebersetzung eignete, so trefflich ist es doch im Allgemeinen und so wesentlich ist seine stete Benutzung, die häufig nicht einmal im Text, oder in Anmerkungen, bemerkt werden konnte.

Nicht minder wesentliche Dienste haben mir die folgenden ausgezeichneten Werke geleistet:

Prechtl, technologische Encyklopädie, oder alphabetisches Handbuch der Technologie, der technischen Chemie und des Maschinenwesens. Bis jetzt 8 (bis K reichende) Bände. Stuttgart, 1830 - 1837.

Karmarsch, Grundriß der mechanischen Technologie. 2 Bde. Hannover 1837 und 1838.

Dessen Einleitung in die mechanischen Lehren der Technologie. 2 Bde. Wien 1825.

Handbuch der Mechanik, von F. J. Ritter von Gerstner. Aufgesetzt, mit Beiträgen von neuern englischen Constructionen vermehrt und herausgegeben von J. A. Ritter von Gerstner. 3 Bde. und Atlas. Prag, 1831 — 1834.

Verdam, Grundsätze der angewandten Werkzeugswissenschaft und Mechanik, oder allgemeine Grundregeln, nach welchen alle Gattungen von Werkzeugen und Maschinen nach den Erfordernissen des praktischen Betriebes zusammengesetzt und angewandt werden. Ein populäres Hand- und Lehrbuch für ausübende Maschinenbaumeister und Gewerbsschulen. Aus dem Holländischen von C. H. Schmidt. 4 Thle. in 6 Bänden. Weimar, 1834 — 1837.

Schubarth, Elemente der technischen Chemie. Zum Gebrauch beim Unterrichte im Königlichen Gewerbsinstitute und den Provinzial-Gewerbsschulen des preußischen Staats. Zweite Auflage, 3 Bände. Berlin 1835.

Pouillet et Leblanc, Porteseuille industriel du Conservatoire des Arts et Métiers. Tome I. Paris, 1834, Tome II, 1836 et 37. — Aus diesem vortrefflichen, jetzt leider ins Stocken gerathenen Werke, habe ich, wie man sehen wird, recht viele Beschreibungen und Abbildungen entnommen.

Leblanc, Récueil des Machines, Instrumens et Appareils, qui servent à l'Economie rurale et industrielle. 2 Tomes. Paris 1834 et 1836. Dieses vortreffliche Werk enthält 144 Platten in Großfolio, nebst kurzem erklärenden Text. Ich konnte die Platten wegen ihrer Größe zu meinem Werke nicht benutzen, jedoch habe ich immer darauf verwiesen. Es sind, wie die aus dem folgenden Werke, treffliche Werkzeichnungen.

J. Blunt und *R. Macdonald Stephenson*, The civil Engineer and Machinist: practical Treatises of civil Engineering, Engineer building, Machinery, Millwork, Engine work, Iron founding etc. London seit 1834. Das Werk erscheint in 8 Theilen, von denen der 2te von den Dampfmaschinen, der 3te von den Mühlen, der 4te von der Anwendung des Eisens handelt. Die übrigen umfassen architektonische Gegenstände. Die Abbildungen sind nach einem sehr großen Maaßstabe ausgeführt und ausgezeichnet schön.

Von sammelnden und Zeitschriften benutzte ich hauptsächlich:

Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen. Seit 1822 werden jährlich 6 Hefte an die Mitglieder vertheilt.

Jahrbücher des k. k. polytechnischen Instituts zu Wien. Herausgegeben von Prechtl. 1—19 Bd. Wien 1819 — 1837.

Dingler's polytechnisches Journal. Seit 1820 bis Ende 1837 erschienen zu Stuttgart 66 Bände.

Polytechnisches Centralblatt. Seit 1835 erscheinen zu Leipzig wöchentlich 1, auch 2 Bogen.

Da es nicht thunlich war, in dem Werke ein Maaß- und Gewichtssystem durchzuführen, so werden einige Reductionstabellen am Ende mitgetheilt werden. — Verbesserungen und Zusätze sollen am Ende eines jeden Bandes folgen.

Möge mein Werk den Zweck, den ich mit seiner Herausgabe zu erreichen suche, erfüllen, möge es gütig aufgenommen und nachsichtsvoll beurtheilt werden.

Braunschweig, im November 1837.

C. Hartmann.

Digitized by Google

Inhalts-Anzeige.

Einleitende Uebersicht der Grundsätze des Maschinen- und Fabrikenwesens.

Erstes Capitel.

	Seite
Von den mechanischen Grundsätzen	1
I. Verstärkung der Kraft	10
II. Regulirung der Kraft	11
III. Annahme der Geschwindigkeit	12
IV. Verminderung der Geschwindigkeit	13
V. Zeitverlängerung durch das Fortwirken der Kräfte	14
VI. Zeitersparniß bei natürlichen Operationen	14
VII. Große Kräfte, welche die menschlichen übersteigen	15
VIII. Ausführung von Arbeiten, die zu fein für Menschenhände sind	16
IX. Registrirende Operationen	16
X. Ersparung bei den anzuwendenden Materialien	17
XI. Identität der Arbeiten gleicher Art	19
XII. Genauigkeit der Arbeiten verschiedener Art	19
Vom Copiren	20
Copiren durch Druck	21
„ „ Abguß	24
„ „ Eindrücken in Formen	25
„ „ Prägen	28
Copiren mittelst Durchschlägen	29
„ mit Verlängerung	30
„ „ veränderten Dimensionen	32

Zweites Capitel.

	Seite
Von den Haushaltsgrundsätzen beim Fabrikenwesen	35
Theilung der Arbeit	36
Größe der Fabriken	51
Wirkungen großer, beim Fabrikenwesen angewendeter Kapitalien	55
Lage der Fabriken	58
Zur Anwendung der Maschinen sich eignende Umstände	60
Dauer der Maschinen	67
Verbindungen zwischen Fabrikherren und Arbeitern	70
Einfluß von Steuern und gesetzlichen Beschränkungen auf Fabrikate	75
Ausfuhr von Maschinen	79
Schluß	85

Erster Theil. Maschinenwesen.

Erste Abtheilung.

Erstes Capitel.

	Seite
Von den bewegenden Kräften im Allgemeinen	89
Vortheile und Nachtheile der verschiedenen bewegenden Kräfte	103

Zweites Capitel.

	Seite
Von den Hindernissen der Bewegung	107
I. Von der Reibung	107
II. Von der Steifigkeit und Unbiegsamkeit der Seile	119
Von den Wirkungen der Anwendung bewegender und retardirender, auf die in Bewegung stehenden Kräfte	121

Drittes Capitel.

	Seite
Von den Elementartheilen der Maschinen und ihrer Construction	125
Räder	125
Zähne der Räder	127
Construction der Räder	135
„ „ Schwungräder	140
Von den Wellen	142
Von den Kuppelungen	146
Ein- und Ausrückungen	150
Von den Zapfen	152
Von den Zapfenlagern	158
Die Gerüste oder Gestelle der Maschinen	161
Regulirung oder Ausgleichung der Bewegung	162
Schwungrad	164
Regulator	169
Uebertragung und Verwandlung der Bewegung	170
Kurbel	171
Bänder oder Riemen	173
Winkelräder	174

Viertes Capitel.

	Seite
Von der Bewegung der Maschinen durch Menschen- und Thierkräfte	175
Die Handmühle	175
Das Tretrad	176
Die Roßmühlen oder Pferdegöpel	178

Fünftes Capitel.

	Seite
Von den Windmühlen	179
Bockwindmühlen	181
Holländische Windmühlen	182

Digitized by Google

Seite

Construction der Flügel 185
Beste Form und Stellung der Flügel 186
Bekleidung der Flügel 191

Sechstes Capitel.

Von den Wasserrädern 195
Oberschlächtige Wasserräder 197
Construction der Schaufeln 198
" " Zellen 199
Geschwindigkeit 200
Maximum der Belastung 201
Beschreibung der Construction und des Effectes eines eisernen oberschlächtigen Wasserrades zu Sèvres bei Paris 202
Morin's Bemerkungen über oberschlächtige Wasserräder 214
Mittelschlächtige Wasserräder 216
Unterschlächtige Wasserräder 217
Wirkung derselben 220
Verschiedene Arten, den Rädern das Wasser zuzuführen 222
Horizontale Wasserräder oder Kreiselräder 223
Kette mit Zellen oder Kasten 230

Siebentes Capitel.

Von den Wassersäulenmaschinen 230
Beschreibung der Maschine zu Alfang in Baiern . . 231
Beschreibung der Maschine zu Huelgoat in Frankreich 240

Achtes Capitel.

Von den Dampfmaschinen 249
Von dem Dampfe 251
Von den Dampfmaschinen im Allgemeinen 262
Beschreibung der jetzt gewöhnlich angewendeten Dampfmaschinen und ihrer verschiedenen Theile 263
Dampfkessel 264
Materialien 264
Stärke 265

Seite

Dampfmenge, welche ein Kessel liefert 268
Form und Feuerungsart 269
Beschreibung eines Kessels für niedrigen Druck der Dämpfe 270
Kessel für Dämpfe mit hohem Druck 272
Brennmaterial 276
Selbstspeisende Feuerung 276
Anwendung der erhitzten Luft bei der Kesselfeuerung . 277
Speisungsapparate 279
Regulirung des Feuers 283
Sicherheitsmaßregeln 284
Dampfleitungen 293
Verschiedene Systeme von Dampfmaschinen:
1) Atmosphärische Maschinen 296
2) Watt'sche Dampfmaschinen 298
a. Einfach wirkende 299
b. Doppelt wirkende 307
3) Hochdruckmaschinen 312
Ohne Condensation 312
Mit Condensation 314
4) Expansions-Dampfmaschinen 321
5) Perkins-, Albans- und die schwingenden Dampfmaschinen 323
Wichtigste einzelne Theile der Dampfmaschinen;
1. Cylinder 325
2. Ventile 325
3. Der Kolben, dessen Liederung und Leitung durch Gegenlenker und Parallelogramm . . 327
4. Condensirung der Dämpfe 333
Leistungen der Dampfmaschine 333
Brennmaterialien-Erforderniß 337
Benutzung der Dampfmaschine im Allgemeinen und zur Schifffahrt insbesondere 338
Allgemeine Bemerkungen 338
Anwendung bei der Schifffahrt 338
Allgemeine Einrichtung der Dampfschiffe . . . 338
Beschreibung der Schiffsdampfmaschine 339
Von der Heitzung mit Dämpfen 348

Digitized by Google

Einleitende Uebersicht

der

Grundsätze des Maschinen und Fabrikenwesens.*

Erstes Capitel.

Von den mechanischen Grundsätzen.

Ein Land, in welchem die Gewerbe blühen, ein Fabrikenstaat, hat große Vorzüge vor dem blos Ackerbau treibenden; Manufacturen sind eine unendliche Quelle des Nationalreichthums. England giebt das auffallendste Beispiel davon; vielleicht giebt es keinen einzigen Umstand, der diesem Lande eigenthümlicher wäre, der es vor allen andern Ländern auf eine merkwürdigere Weise auszeichnete, als der große Umfang und die Vollkommenheit seiner Werkzeuge und Maschinen zur Darstellung jener, in so bedeutenden Mengen beinahe jeder Classe der menschlichen Gesellschaft erforderlichen Bedürfnisse und Bequemlichkeiten. Die Einbildungskraft vermag es kaum zu erfassen, welch anhaltendes Nachdenken, wie viele wiederholte Versuche, welche Anstrengungen des Geistes erforderlich waren, um nicht allein das englische, sondern auch das Fabrikenwesen mehrer Staaten des Festlandes von Europa von seinen untersten Stufen zu seiner gegenwärtigen Vollkommenheit zu erheben, wobei England der Ruhm gebührt, zuerst auf dieser Bahn zur Vollkommenheit vorangeschritten zu seyn, weshalb wir es auch als Muster bei unsern Betrachtungen aufstellen können, ohne der Ehre anderer Länder, wie Preußen, Oestreich, der Schweiz, Frankreich und Belgien u. m. a., in denen Maschinen- und Fabrikenwesen in neuerer Zeit ebenfalls einen hohen Aufschwung gewonnen haben, zu nahe zu treten.

Blicken wir in unsern Wohnzimmern umher, wandern wir durch die Räume der, für jeden nur zu wünschenden Bequemlichkeits- und Luxusartikel in den belebten Straßen großer Städte, sich drängenden Magazine, so wird sich uns in der Geschichte eines jeden einzelnen Artikels, jeder einzelnen Erfindung, eine Reihe von mißlungenen Versuchen zeigen, die nach und nach zur Vollkommenheit geführt haben; so werden wir in der Darstellung selbst des Unbedeutendsten unter denselben Prozesse wahrnehmen, die theils durch ihre Einfachheit unsere Bewunderung erregen, theils durch das Unerwartete ihrer Resultate unser Nachdenken beschäftigen.

Die mühsam erlangten Erfahrungen und Kenntnisse, wodurch die Schwierigkeiten der Darstellung der mannigfaltigsten Gegenstände vermindert wurden, sind aber nicht allein dem Lande, in welchem sie fabricirt worden, von Vortheil gewesen; auch entfernte Länder haben daran Theil genommen. Sowohl die üppigen Bewohner der Morgenländer, als auch die rohen Eingeborenen der afrikanischen Wüsten, benutzen beide die Fabrikate der englischen, so wie der Webestühle anderer Länder. Die Bandano-Tücher, sonst ein indisches Fabrikat, in Glasgow aber wohlfeiler und eben so schön nachgemacht, haben jene ächten längst verdrängt, und sowohl die Indier als auch die Chinesen verbrauchen große Quantitäten von dieser Waare. Ja, die Erzeugnisse englischen Kunstfleißes sind selbst den unternehmendsten Reisenden vorangegangen. So erhielt Capitain Clapperton, als er den Hof des Sultans Bello besuchte, Speisen auf Schüsseln von Pewter, einer Metallegirung, mit dem Londoner Stempel versehen, ja selbst auf englischem Steingut zugeschickt. Auf britischen Schiffen wird die indische Baumwolle um die Hälfte unserer Erdkugel herum nach England geführt, um dort versponnen und zu Zeugen verarbeitet zu werden. Britisches Kapital setzt sie aufs Neue in Bewegung und nach den Ebenen, denen das rohe Naturproduct entsprossen, zurückgeführt, kaufen die Herren des Bodens sie zu einem wohlfeileren Preise wieder an sich, als der ist, zu welchem sie dasselbe Fabrikat, mittelst ihrer weit unvollkommenern Maschinen, selbst zu liefern im Stande sind. Denn zu Calicut in Ostindien — woher das Calico genannte baumwollene Zeug seinen

* Nach Professor Babbage's geistreicher Einleitung zu Barlow's Werk.

Digitized by Google

Namen hat —, beträgt der Arbeitslohn freilich nur ein Siebentel des englischen und dennoch sind es die britischen Manufacturen, welche den dortigen Markt versorgen.

Wir haben in diesem einleitenden Theil des Werks den Zweck, eine Uebersicht der verschiedenen Manufacturen und eine Beschreibung der Werkzeuge und der Maschinen zu geben, mittelst deren ihre Operationen ausgeführt werden. Vorher wollen wir es aber versuchen, die Grundsätze festzustellen, von denen ihr Erfolg abhängt und sowohl die Ursachen als auch die Folgen der Anwendung der Maschinen, als Ersatz für menschliche Fertigkeit und Kraft, zu verfolgen.

Die dem Maschinen- und Fabrikenwesen entspringenden Vortheile scheinen sich aus der durch sie bewirkten Vermehrung der menschlichen Kraft; — aus der dadurch erzielten Zeitersparniß; — aus der Verwandlung scheinbar gemeiner und werthloser Substanzen in werthvolle Producte, herleiten zu lassen.

In Beziehung auf die ersten dieser Wirkungen bieten sich wohl einem Jeden zunächst die vom Winde, Wasser und Dampf entlehnten Kräfte dar. Es sind dieß allerdings Vermehrungen der menschlichen Kraft und wir werden sie weiter unten einer nähern Betrachtung unterwerfen. Die menschliche Kraft erlangt aber auch aus andern Quellen Zuwachs, mittelst dessen es dem Individuum möglich wird, mit weit größerer Wirksamkeit zu arbeiten, als ohne solche Unterstützungen, und auf diese werden sich unsere gegenwärtigen Bemerkungen beschränken.

Die Erbauung von Palästen, Tempeln und Grabmälern scheint die früheste Aufmerksamkeit der Völker auf sich gezogen zu haben, sobald sie einen gewissen Grad der Bildung erreicht hatten. Noch jetzt erregen die ungeheuren Steinblöcke, die aus ihren natürlichen Lagerstätten nach den Orten hinbewegt worden sind, wohin sie die Prachtliebe oder die Frömmigkeit der Bauherren bestimmt hatte, das Staunen der Nachwelt, nachdem die Zwecke vieler dieser Monumente sammt den Namen ihrer Gründer längst der Vergessenheit anheim gefallen sind.

Die zur Fortbewegung dieser schweren Massen erforderlichen Kräfte müssen nach den verschiedenen Graden der mechanischen Kenntnisse bei dem Volke, welches den Transport bewirkte, verschieden gewesen sein. Daß die zu solchen Zwecken erforderliche Größe der Kraft unter verschiedenen Umständen sehr verschieden ist, ersieht man aus dem folgenden, von Herrn Rondelet („Kunst zu bauen") aufgeführten Versuch.

Zum Gegenstand desselben diente ein viereckiger Steinblock von 1080 Pfund Gewicht.

1) Um diesen Stein auf der rauhen Sohle des Steinbruchs fortzuschaffen, war eine Kraft erforderlich von . . . . . 758 Pfd.
2) Denselben Stein auf untergelegten Brettern fortzubewegen, erforderte . . . . 652 „
3) Ihn auf einem hölzernen Gestell und auf einer bretternen Fläche fortzubewegen, erforderte . . . . . 606 „
4) Nachdem man beide, sich berührende Holzoberflächen mit Seife eingerieben hatte, waren noch erforderlich . . . . . 182 „

5) Man legte nun den Stein auf Walzen von drei Zoll Durchmesser und es waren zur Fortbewegung auf dem Boden des Steinbruchs nur noch nöthig . . . . 34 Pfd.
6) Auf dieselbe Weise auf einer Bretterfläche . . . . . 28 „
7) Endlich, um den Stein auf dem hölzernen Gestell, mit den nämlichen Walzen, über eine Bretterfläche fortzuschaffen, war nur eine Kraft erforderlich von . . . . . 22 „

Aus diesem Versuche folgt, daß die Kraft, welche erforderlich ist, um einen Stein auf der rauh geebneten Sohle eines Steinbruchs fortzubewegen, fast $^2/_3$ von seinem Gewicht beträgt; ihn über eine hölzerne Fläche fortzubewegen $^3/_5$; mittelst Holz und auf Holz $^1/_9$; wenn die hölzernen Oberflächen mit Seife eingerieben sind, $^1/_6$; wenn Walzen auf der Steinsohle angewendet werden, $^1/_{22}$; wenn sie auf Holz laufen, $^1/_{20}$; und wenn dieß zwischen zwei hölzernen Flächen der Fall ist, $^1/_{30}$ von dem Gewicht des Steins.

Jeder Zuwachs an Kenntniß, jede Erfindung eines neuen Werkzeugs, vermindert die menschliche Arbeit. Durch die erste Anwendung von Walzen beim Transport wurde ein Werkzeug erfunden, welches die menschliche Kraft verfünffacht; der Arbeiter, welcher zuerst darauf kam, Seife oder Fett anzuwenden, wurde dadurch sogleich in den Stand gesetzt, ohne größere Anstrengung ein dreimal größeres Gewicht als vorher fortzubewegen. Die Verminderung der Friction durch Fett ist so einleuchtend, daß zu Amsterdam die Führer von schwer beladenen Schlitten einen durch Talg gezogenen Strick in der Hand haben, über den sie von Zeit zu Zeit den Schlitten gehen lassen, um seine untern Flächen geschmeidig zu machen.

Der zweite Vortheil, den die Anwendung von Maschinen beim Fabrikenwesen gewährt, ist Zeitersparniß. Diese Wirkung ist so durchgreifend und so wichtig, daß, wäre es uns um eine Verallgemeinerung zu thun, sich fast sämmtliche Vortheile unter dieser einen Rubrik vereinigen ließen. Jedoch führt die Erklärung von minder umfassenden Beispielen zu einer genauern Kenntniß des Gegenstandes, und da der Lehrer in der Folge noch zahlreiche Beispiele finden wird, so können wir die Erklärungen hier um so kürzer zusammenfassen.

Die Kunst des Glasschneidens mittelst des Diamanten hat innerhalb weniger Jahre eine sehr wesentliche Verbesserung erfahren. Vor einigen zwanzig Jahren wurde es einem Glaserlehrling noch sehr schwer, sich beim Gebrauch des in einen konischen Stift gefaßten Diamanten Sicherheit zu erwerben, ja viele handhabten ihn noch nach überstandener Lehrzeit sehr schlecht. Die Schwierigkeit lag nämlich darin, den richtigen Winkel, mit welchem der Diamant schneidet, zu finden und wenn er gefunden war, ihn mit der gehörigen Neigung über die Glasscheibe hinzuführen. Fast der ganze Zeit- und Glasaufwand, den früher die Erlernung dieser Fertigkeit gekostet, läßt sich mittelst einer verbesserten Fassung des Diamanten ersparen. Der Stein wird nämlich so in ein viereckiges Stückchen Messing gefaßt, daß seine scharfe Kante mit einer der Viereckseiten fast parallel zu stehen kommt. Nun wird von Jemanden, der sich gut auf den Gebrauch des Instruments versteht, die eine Seite des Messings so lange weggefeilt,

Digitized by Google

bis er nach wiederholten Versuchen findet, daß der Diamant, wenn seine scharfe Kante längs eines Lineals geführt wird, einen reinen Einschnitt macht. Darauf wird der gefaßte Stein mittelst eines eine geringe Winkelbewegung zulassenden Winkels an einem bleistiftähnlichen Griff befestigt. Auf diese Weise kann der Unerfahrenste selbst sogleich den schneidenden Winkel treffen; er braucht nur mit der messingenen Fassung am Lineal entlang zu ziehen. Ja, das Stück, welches er in der Hand hält, mag selbst ein wenig von dem gewünschten Winkel abweichen, es theilt der Lage des Diamanten keine Unregelmäßigkeit mit, der, auf diese Weise angewendet, seine Function selten verfehlt.

Ein anderes Beispiel der Zeitersparniß ist die Anwendung des Schießpulvers zum Sprengen der Felsen. Einige Pfunde desselben, die für den Arbeitslohn einiger Tage angekauft werden können, bringen häufig Wirkungen hervor, die auf andere Weise, selbst mit den besten Werkzeugen, mehrere Monate erfordern würden.

Beispiele von der Benutzung von Stoffen geringen Werthes, zeigen sich überall. Die von den Goldschlägern benutzten Häute werden vom Abfall der Thiere gemacht. Pferde- und Rinderhufe und andere sonst unbrauchbare hornartige Stoffe werden bei der Darstellung des blausauren Eisenkalis, einem schönen, gelben, krystallisirten Salz, gebraucht. Wenn an den verbrauchten kupfernen Kesseln und zinnernen Geräthen unserer Küchen die Kunst des Kesselflickers schon erschöpft ist, so sind sie noch immer nicht werthlos. Die minder verrosteten Theile der kupfernen Gefäße werden, in Streifen geschnitten, mit kleinen Löchern versehen und mit einem groben schwarzen Firniß überzogen, von den Koffermachern zu der Befestigung der Ränder und Ecken der Kisten benutzt. Die alten, gänzlich unbrauchbaren zinnernen Gefäße wandern in die chemischen Fabriken, wo man daraus mit Hülfe von Holzessig eine schwarze Farbe bereitet, die in den Kattundruckereien benutzt wird.

Zwischen einem Werkzeuge und einer Maschine läßt sich keine scharfe Gränzlinie ziehen; auch ist eine solche bei einer populären Erklärung dieser Ausdrücke nicht erforderlich. In der Regel ist ein Werkzeug einfacher als eine Maschine, und wird durch die menschliche Hand in Bewegung gesetzt, während bei einer Maschine dies größtentheils durch Thiere, Wasser- oder Dampfkraft geschieht. Einfachere Maschinen sind oft weiter nichts, als ein oder mehre in eine Einfassung, oder in einen Rahmen gebrachte, und von irgend einer bewegenden Kraft in Thätigkeit gesetzte Werkzeuge. Bei der Darstellung der, durch Werkzeuge erlangten Vortheile werden wir mit einigen der einfachsten beginnen.

Zwanzig tausend, in einer Schachtel verworren und in allen möglichen Richtungen durcheinander liegende Nähnadeln in eine solche Ordnung zu bringen, daß sie alle eine parallele Richtung zu einander haben, ist dem ersten Anschein nach eine sehr langweilige Beschäftigung, und wollte man jede einzelne Nadel von der andern trennen, so würde das Verfahren viele Stunden Zeit kosten. Und doch muß diese Operation sehr häufig in den Nadelfabriken vorgenommen werden; allein mittelst eines sehr einfachen Werkzeugs ist sie in wenigen Minuten ausgeführt. Die Nadeln werden nämlich in eine kleine, flache, blecherne Mulde gethan und auf eine eigenthümliche Weise geschüttelt, indem man sie etwas in die Höhe wirft, während man der Mulde eine geringe Längenbewegung giebt. Die Gestalt der Nadeln kommt der Lage, die sie annehmen sollen, zu Hülfe; denn wenn sich zwei Nadeln kreuzen — dieß müßte denn zufällig, was jedoch äußerst unwahrscheinlich ist, im vollkommensten Gleichgewicht der Fall sein —, so werden sie, auf dem Boden der Mulde angekommen, sich von selbst neben einander legen, eine Lage, welche außerdem durch die Gestalt der Mulde begünstigt wird. Da die Nadeln nun nirgend einen hervorstehenden Theil haben, der dieser Neigung hinderlich sein oder Verworrenheit veranlassen könnte, so sind sie durch stetes Schütteln in drei bis vier Minuten längenweise geordnet. Nun wird beim Schütteln eine andere Richtung genommen; die Nadeln werden zwar wieder etwas aufwärts geworfen, aber das Schütteln erfolgt der Breite der Mulde nach. Dieß bewirkt, daß die Enden der Nadeln, welche vorher nach den Längenseiten der Mulde gerichtet waren, jetzt den schmälern Seiten derselben zugekehrt sind, in welcher Lage sie zu Hunderten mit einer breiten blechernen Schaufeln abgehoben werden, indem man sie mit dem Zeigefinger der linken Hand darauf fest hält. Diese Parallel Anordnung muß gar oft wiederholt werden, ehe die Nadeln fertig sind. Hätte man daher dazu kein wohlfeiles, wenig Zeit raubendes Mittel gefunden, so würde die Nadelfabrikation bedeutend theurer sein.

Ein anderer Prozeß bei derselben Fabrikation giebt ein Beispiel von einer der einfachsten Erfindungen, die sich unter die Benennung Werkzeug bringen lassen. Nachdem die Nadeln auf die oben beschriebene Weise geordnet sind, müssen sie in zwei Haufen getheilt werden, damit ihre Spitzen alle gleiche Richtung haben. Es geschieht dieß gewöhnlich durch Frauen oder Kinder. Die Nadeln werden, so wie sie von der Mulde abgenommen worden, etwas seitwärts von dem Arbeiter auf einem Tische aufgehäuft. Mit dem Zeigefinger der linken Hand rollt sich der Arbeiter **5** bis **10** Stück näher; dieß bringt einen kleinen Zwischenraum zwischen den näher gerollten Nadeln hervor und nun wird jede einzelne der Länge nach rechts oder links von dem Arbeiter geschoben, je nachdem ihre Oehre der rechten oder linken Seite zugekehrt ist. Dieß ist die gewöhnliche Methode, bei der jedes einzelne Stück durch die Finger laufen muß. Eine geringe Aenderung des Verfahrens beschleunigt dasselbe um ein Bedeutendes: das Kind bedeckt den Zeigefinger der rechten Hand mit einem tuchenen Fingerhut, rollt **6** bis **12** Nadeln vom Haufen ab, hält sie mit dem Zeigefinger der linken Hand nieder, während es mit dem der rechten die Enden leise andrückt. Die Nadeln nun, deren Spitzen der rechten zugekehrt sind, bleiben in dem Fingerhut stecken, und werden auf diese Weise von dem Kinde mit leichter Mühe nach der linken Seite hingeschoben. Die übrigen, welche eben deshalb, weil ihre Oehren der Rechten zugekehrt waren, nicht im Fingerhut stecken blieben, schiebt es nach der rechten Seite und beginnt dann das Verfahren aufs Neue. Mittelst dieser einfachen Vorrichtung werden mit jeder Bewegung des Fingers, nach der einen oder der andern Seite, fünf bis sechs Nadeln dem Haufen zugeführt, welchem sie angehören, während bei der frühern Methode gewöhnlich jede

Digitized by Google

einzelne Nadel eine Fingerbewegung erforderte, und nur selten zwei bis drei mit einem Male weggeschoben werden konnten.

In den Handwerken kommen manche Verrichtungen vor, bei denen der Beistand einer dritten Hand dem Arbeiter große Bequemlichkeit gewähren würde und in solchen Fällen leisten uns Werkzeuge oder Maschinen von der einfachsten Construktion große Dienste. Schraubstöcke verschiedener Form, in denen das zu bearbeitende Material mittelst Schrauben festgehalten wird, sind von dieser Art und fehlen fast in keiner Werkstätte; jedoch wollen wir ein Beispiel, auffallender noch, aus der Nagelschmiede entlehnen.

Einige Arten von Nägeln, wie Schuhnägel, erfordern eine eigenthümliche Form des Kopfes, welche durch den Schlag eines Stempels dargestellt wird. Der Arbeiter hält die fast weißglühende Eisenstange, aus welcher er die Nägel anfertigt, in der linken Hand, schmiedet sie zu einer Spitze aus, haut auf dem sogenannten Blockmeißel so viel von dem zugespitzten Eisen fast gänzlich ab, als der Nagel und der Kopf lang sein sollen, steckt die Spitze in das Loch des Nageleisens und bricht durch eine einzige Wendung den nur noch lose am Nagel hängenden Eisenstab ab. Der den Kopf bildende Stempel ist in einem Hammer angebracht, den der Arbeiter durch einen Fußtritt aufhebt und wieder fallen läßt. Ein Theil der Gestalt von dem Kopfe wird vorher gehämmert. Ohne diese Vertretung einer dritten Hand durch den Fuß würde die Operation weit länger dauern.

Eine andere, glücklicher Weise nicht so häufig erforderliche Vertretung der menschlichen Hände durch Werkzeuge hat den Zweck, denjenigen, welche durch Natur oder Zufall irgend eins ihrer Glieder beraubt sind, die Arbeit zu erleichtern. Wer Gelegenheit gehabt hat, die schönen Vorrichtungen zur Verfertigung von Schuhen zu beobachten, welche wir der fruchtbaren Erfindungsgabe des Herrn Brunel verdanken, muß mehre Beispiele wahrgenommen haben, wie es Menschen, denen eine Hand oder ein Fuß fehlt, möglich gemacht wird, dennoch mit Genauigkeit zu arbeiten. Ein ähnliches Beispiel bietet die Blindenanstalt zu Liverpool dar, wo die Zöglinge sich zum Weben der Schiebfenster-Schnüre (sash-lines im engl.) einer Maschine bedienen, welche die Erfindung eines Blinden sein soll. Menschen aus den höhern Classen der Gesellschaft, denen eins der erwähnten Glieder gebricht, bedienen sich oft ähnlicher Erfindungen, theils zur Unterhaltung, theils zur Belehrung. Dieser Triumpf der Geschicklichkeit und des Scharfsinnes verdient doppelte Bewunderung, weil er zur Linderung natürlicher oder zufälliger Leiden beiträgt, den Armen gegen bittern Mangel schützt und dem Reichen Beschäftigung und Erweiterung seiner Kenntnisse gewährt.

Es giebt eine natürliche, obwohl in nummerischer Hinsicht sehr ungleiche Eintheilung der Maschinen; sie lassen sich nämlich classificiren als solche, die zur Krafterzeugung angewendet werden und in solche, die blos Kraft fortpflanzen und Arbeit verrichten sollen.

Die erstere Classe ist von großer Wichtigkeit und sehr beschränkt in der Verschiedenheit ihrer Gattungen, obgleich einige derselben aus zahlreichen Individuen bestehen; sie sind der Hauptgegenstand der ersten Abtheilung dieses Werkes.

Was nun diejenige Classe mechanischer Agentien betrifft, durch welche Bewegung fortgepflanzt oder mitgetheilt wird, wie der Hebel, die Rolle, der Keil und viele andere, so ist erwiesen, daß keine neue Kraft durch sie gewonnen wird, wie künstlich sie auch zusammengesetzt sein mögen. Wie viel Kraft auch immer an dem einen Punkte angewendet wird, so kommt doch an einem andern nur eine durch Friktion und andere zufällige Ursachen verminderte Quantität davon in Ausübung. Ferner ist dargethan, daß, was an Schnelligkeit der Ausführung gewonnen wird, durch ein entsprechendes Hinzuthun ausübender Kraft ersetzt werden muß.

Diese beiden, längst außer allen Zweifel gestellten Grundsätze darf man nie aus den Augen verlieren. Beschränken sich aber unsere Versuche auch nur auf Dinge, die sich innerhalb des Bereichs der Möglichkeit befinden, so sind wir dennoch, wie aus dem Verlauf dieses Werks deutlich dargethan werden wird, im Besitz eines weiten Gebiets unerschöpflicher Forschungen. Noch gar nicht lange ist es her, daß die aus der Anwendung der Maschinen hervorgehenden Vortheile ihren Einfluß auf die Gewerbe ausgeübt haben; allein es lassen sich diese Vortheile bis ins Unendliche steigern und werden auf diese Weise immer mehr und mehr zur Veredlung, Bereicherung und Beglückung des Menschengeschlechts beitragen.

Von denjenigen Maschinen, mittelst deren wir Kraft erzeugen, müssen wir bemerken, daß, welch unendlich große Vortheile sie uns auch gewähren, wir doch in Beziehung auf zwei Quellen dieser Kraft, den Wind und das Wasser, weiter nichts thun, als Körper benutzen, welche von Natur in einem Zustande der Bewegung sind. Wir verändern zwar die Richtung ihrer Bewegung, je nachdem es unsern Zwecken entsprechend erscheint, allein wir können zu der einmal vorhandenen Bewegung weder etwas hinzuthun, noch etwas von ihr wegnehmen. Indem wir die Flügel einer Windmühle dem Winde in schiefer Richtung entgegenstellen, hemmen wir die Geschwindigkeit eines kleinen Theils der Atmosphäre und verwandeln deren geradlinigte Bewegung in die Kreisbewegung der Flügel; wir verändern demnach die Richtung der Kraft, schaffen aber keine neue. Dasselbe läßt sich von den Segeln eines Schiffs bemerken; die Größe der durch sie mitgetheilten Bewegung ist genau so groß als die, welche in der Atmosphäre zerstört wird.

Wenden wir einen fallenden Bach oder Strom zur Bewegung eines Wasserrades an, so bedienen wir uns einer Kraft, welche die Natur dem ersten Anschein nach nutzlos und unersetzlich zu verschwenden scheint, die sie aber, wie eine nähere Untersuchung zeigt, stets durch andere Prozesse wieder ersetzt. Die von einem höhern einem niedrigern Niveau zufallende Flüssigkeit besitzt diejenige Geschwindigkeit, welche ihre Umdrehung mit der Erde, bei einer größern Entfernung von dem Mittelpunkte, nothwendig haben muß. Sie wird daher die tägliche Rotation der Erde, obwohl nur in einem unendlich geringen Grade, beschleunigen.

Die Summe der, mit dem Fall sämmtlicher, auf der Erdoberfläche befindlichen Gewässer entstehenden Zunahmen an Geschwindigkeit würde mit der Zeit bemerkbar werden,

Digitized by Google

führte die Natur nicht, mittelst des Ausdünstungsprozesses, die Gewässer zu ihren Quellen zurück, könnte sie nicht dadurch, daß sie die Materie weiter vom Mittelpunkt entfernt, die durch die vorhergegangene Annäherung derselben erzeugte Geschwindigkeit wieder zerstören.

Eine andere fruchtbare Quelle bewegender Kraft bilden die Dämpfe, allein auch von dieser läßt sich nicht sagen, daß wir sie erzeugt hätten. Das Wasser wird durch die Verbrennung von Brennstoffen in elastische Dämpfe verwandelt. Die auf diese Weise stattfindenden chemischen Veränderungen versehen die Atmosphäre unaufhörlich mit großen Quantitäten von Kohlensäure und andern, dem thierischen Leben nachtheiligen Gasarten. Durch welchen Prozeß die Natur diese Grundstoffe zersetzt, oder wieder in feste Körper verwandelt, ist nicht hinlänglich bekannt. Ein Theil davon wird, wie wir wissen, in großen Quantitäten von der Vegetation absorbirt; soll aber der Zweck durch mechanische Kraft erreicht werden, so ist es wahrscheinlich, daß die dazu erforderliche Kraft wenigstens jener gleich kommen würde, welche durch die ursprüngliche Verbrennung erzeugt wurde. Der Mensch ist daher nicht im Stande, Kraft zu erschaffen, sondern er benutzt nur seine Kenntnisse der Naturgeheimnisse dazu, einen kleinen, beschränkten Theil ihrer Kräfte, mittelst seiner Talente, seinen Bedürfnissen dienstbar zu machen. Mag er nun die geregelte Wirkung des Dampfes oder die schnellere, furchtbarere des Schießpulvers anwenden, so bringt er doch stets nur im geringen Maaßstabe Verbindungen und Zersetzungen hervor, welche die Natur fortwährend in das Gegentheil zu verwandeln thätig ist, um jenes Gleichgewicht wieder herzustellen, welches ohne allen Zweifel in dem Weltsystem, selbst bis an seinen entferntesten Gränzen, aufrecht erhalten wird.

Die Operationen des Menschen tragen den Charakter ihres Urhebers; sie sind geringfügig, aber während ihrer kurzen Existenz, kraftvoll. Die der Natur aber, unbeschränkt im Raume, wie in der Zeit, verfolgen geräuschlos und unwiderstehlich ihre ewige Laufbahn.

Bei Aufstellung des allgemeinen Grundsatzes, daß alle Combinationen der mechanischen Erfindungen die der Maschine mitgetheilte Kraft nur auf Kosten der Zeit vermehren können, welche zur Hervorbringung dieser Wirkung angewandt wird, mögte man vielleicht denken, daß die durch solche Erfindungen gewonnene Hülfe nur gering sei. Dieß ist aber keineswegs der Fall, indem die fast unbeschränkte Mannigfaltigkeit, welche sie gewähren, uns in den Stand setzt, jede anzuwendende Kraft mit dem größtmöglichsten Vortheil auszuüben. Zwar giebt es eine Gränze, über welche hinaus es unmöglich ist, die für eine gegebene Wirkung erforderliche Kraft zu vermindern, allein selten wird diese Gränze von den zuerst angewandten Methoden überhaupt erreicht. Wenn ein sehr äftiger Strunk oder Baumstumpf zu Brennmaterial zerkleinert werden soll, so wird die verbrauchte Zeit nach der Beschaffenheit der dazu angewendeten Werkzeuge sehr verschieden sein. Mit einem Beil oder einer Art kann diese Zerkleinerung zwar bewerkstelligt werden, aber nur mit einem großen Zeitaufwande von Seiten des Arbeiters. Wirksamer und schneller wird es schon mit der Säge geschehen, die ihrerseits aber von dem Keil übertroffen wird, der den Klotz

in noch kürzerer Zeit spaltet. Unter günstigen Umständen und bei geschickten Arbeitern können Zeit und Kosten noch mehr durch Anwendung einer geringen Menge Schießpulver gespart werden, durch welches man den Block in mehre Stücke zersprengt.

Um eine Masse von Materie zu bewegen, muß eine gewisse Kraft aufgewendet werden und die Transportkosten hängen davon ab, wie man mit dieser Kraft haushgehalten hat. Jedoch muß ein Land einen hohen Grad von Civilisation besitzen, wenn es sich dem Minimum dieses Kraftaufwandes nähert. Die javanische Baumwolle wird in Junken an die Küsten von China gebracht, allein da vorher die Samenkapseln nicht gehörig von der Wolle getrennt sind, so bestehen drei Viertel der Schiffsladung nicht aus dieser letztern. Es ließe sich dieß vielleicht dadurch entschuldigen, daß es auf Java an Maschinen zur Absonderung des Samens von der Baumwolle fehlt, oder auch durch die relativen Kosten dieser mühsamen Operation in beiden Ländern. Aber die in China gepackte Baumwolle nimmt den dreifachen Raum einer gleichen Gewichtsmenge ein, welche in Europa oder Amerika verschifft wird. Also kostet die Fracht einer gegebenen Quantität Baumwolle den Chinesen fast zwölfmal mehr als das, wofür dieselbe durch eine gehörige Aufmerksamkeit auf mechanische Hülfsmittel geliefert werden könnte.

Wir geben nun unsern Lesern eine allgemeine Uebersicht der verschiedenen Vortheile, welche aus der Anwendung von Maschinen erfolgen.

I. Verstärkung der Kraft.

Sobald eine auszuführende Arbeit mehr Kraft erfordert, als in der zu ihrer Vollendung nöthigen Zeit vollbracht werden kann, so muß man zu einer mechanischen Methode, mittelst der ein Theil von der, vor Beginn des Prozesses angewandten Kraft erspart und verstärkt werden kann, seine Zuflucht nehmen. Man erreicht dieß am häufigsten durch ein Schwungrad, welches eigentlich weiter nichts ist, als ein Rad mit einem schweren Kranze, so daß der größte Theil seines Gewichts an der Peripherie liegt. Um ein solches Schwungrad in eine schnelle Bewegung zu setzen, ist einige Zeit hindurch eine große Kraft erforderlich, sobald aber die Bewegung einmal einen bedeutenden Grad der Schnelligkeit erreicht hat, so sind ihre Wirkungen außerordentlich kräftig, wenn ihre Gewalt auf einem Punkt concentrirt ist. In einigen Eisenwerken, wo die Stärke der Dampfmaschine, welche die Walzwerke treibt, ein wenig zu gering ist, läßt man die Maschine eine kurze Zeit hindurch leer gehen, ehe das fast weißglühende Eisen zwischen die Walzen gesteckt wird, damit dieselben erst solch eine Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht haben, die den Laien erschreckt. Wenn das erweichte Eisen durch den ersten Einschnitt in den Walzen geht, so wird die Umlaufsgeschwindigkeit bedeutend gehemmt und bei jedem der folgenden Durchgänge vermindert, bis daß die Eisenstange solch eine Stärke erlangt hat, daß die gewöhnliche Kraft der Maschine zu ihrem weitern Auswalzen hinreicht.

Wie gewaltig die Kraft eines Schwungrades ist, wenn dessen Kraft auf einem Punkte concentrirt werden kann, wurde kürzlich in einer der größten Maschinenfabriken

Digitized by Google

Londons auf merkwürdige Weise erläutert. Der Eigenthümer wollte einem Freunde das Verfahren zeigen, wie das Blech zu den Dampfmaschinenkesseln gelocht wird. Er hielt ein $^3/_4$ Zoll starkes Eisenblech in seiner Hand, welches er unter den Durchschlag legte. Da er nach mehren Schlägen bemerkte, daß der Durchschnitt immer langsamer schlug, rief er dem Maschinenmeister zu, warum denn die Maschine so träge arbeite? worauf sich fand, daß sich der Durchschnitt mit dem Schwungrade, gerade beim Anfang des Versuchs, außer Verbindung mit der Dampfmaschine gesetzt hatte.

Eine andere Art der Kraftverstärkung entsteht, wenn man ein Gewicht erhebt und es wieder fallen läßt. So können wiederholte Schläge mit einem selbst schweren Hammer auf den Kopf eines Pfahls geführt werden, ohne daß sich dieser merklich senkt. Dagegen wird die gewünschte Wirkung sicher erfolgen, wenn derselbe schwere Hammer wiederholt von einer bedeutenden Höhe herabfällt.

II. Regulirung der Kraft.

Gleichmäßigkeit und Stetigkeit in dem Arbeitsmaaß der Maschinen sind für deren Wirkungen und Dauer gleich wesentlich.

Hierbei wird Jedem, der mit den Dampfmaschinen vertraut ist, die schöne Erfindung Watt's, der Regulator (governor engl.), einfallen, den wir, so wie viele in diesem einleitenden Theile des Werks nur kurz erwähnte Maschinen und Vorrichtungen, an einem andern Orte des Werks speciell beschreiben wollen.

Durch die Regelmäßigkeit in der Ergänzung des Brennmaterials, in dem Herde unter den Dampfmaschinenkesseln, wird eine Gleichmäßigkeit in dem Gange der Maschine hervorgebracht und nebenbei auch Ersparniß beim Kohlenverbrauch erzielt. Allen Methoden, diese Ergänzung zu reguliren, liegt das allgemeine Prinzip zum Grunde, in regelmäßigen Zwischenzeiten, mittelst Trichtern oder Mühlrumpfen, geringe Quantitäten von dem Brennmaterial auf den Rost gelangen zu lassen und die Speisung zu vermindern, sobald die Maschine schnell geht. Einer von Nebenvortheilen einer solchen Einrichtung ist der, daß, wenn in einer gegebenen Zeit nur eine geringe Kohlenmenge auf den Rost gelangt, der Rauch fast gänzlich verzehrt wird.

Die Dämpfer des Aschenfalls und der Esse sind in einigen Fällen mit ähnlichen Regulatoren versehen.

Eine andere Vorrichtung zur Regulirung der Wirkung von Maschinen besteht in einem leichten aber großen Windfang oder Flügel. Derselbe dreht sich schnell um und erlangt bald eine gleichmäßige Bewegung, über die er nicht weit hinausgehen kann, weil eine Vermehrung seiner Schnelligkeit eine weit größere Vermehrung des Widerstandes bewirkt, den er von der Luft erleidet. Ferner werden durch dieses Mittel die Intervallen zwischen den Glockenschlägen einer Uhr regulirt, und der Windfang ist so eingerichtet, daß die Zwischenzeit abgeändert werden kann, indem man die Flügel desselben mehr oder weniger schief gegen die Bewegungsrichtung stellt.

Diese Windfänge werden bei allen kleinern Mechanismen ganz allgemein angewendet und sind, im Gegensatz zu dem schweren Schwungrade, statt Erhalter, Zerstörer der Kraft. Sie sind die alleinigen Regulatoren bei den

musikalischen Dosen und überhaupt bei fast allen mechanischen Spielwerken.

Eine andere, sehr schöne Vorrichtung, um die Zahl der Kolbenzüge bei einer Dampfmaschine zu reguliren, wird in Cornwell angewendet und Wasserfall (cataract engl.) genannt. Sie hängt von der Zeit ab, welche dazu erforderlich ist, um ein in Wasser gesenktes Gefäß zu füllen, während die Ventilöffnung, durch welche die Flüssigkeit zugelassen wird, nach dem Willen des Maschinenmeisters erweitert oder verengt werden kann.

III. Zunahme der Geschwindigkeit.

Die Ermüdung der Muskeln des menschlichen Körpers hängt nicht allein von der, in jeder besondern Anstrengung verwendeten Kraft, sondern auch von der Häufigkeit der Widerholungen der Kraftäußerungen ab. Zur Vollendung einer Arbeit gehören nämlich zwei Dinge, nämlich Ausübung der, zur Handhabung eines jeden Werkzeugs nöthigen Kraft und dann auch die Bewegung des Gliedes, mittelst dessen die Handhabung bewirkt wird. Will man z. B. einen Nagel in ein Stück Holz einschlagen, so besteht die erstere Art von Anstrengung in dem Antreiben des Hammers gegen den Nagelkopf, die letztere aber im Erheben des Arms, um den Hammer zu führen. Ist der Hammer schwer, so wird die erstere Art von Anstrengung am meisten Kraft erfordern; ist er aber leicht, so entsteht die Ermüdung größtentheils aus der häufigen Bewegung des Arms. Daher kommt es denn auch, daß leichte oder mit andern Worten, solche Arbeiten, die sehr wenig Kraft erfordern, wenn sie oft wiederholt werden müssen, weit mehr ermüden, als an sich schwere. Auch kann die Bewegung der Muskeln nicht über einen gewissen Grad von Schnelligkeit hinausgehen.

Zur Ersparung der Arbeit ist es von großer Wichtigkeit, zwischen dem Gewicht des, die Bewegung hervorbringenden Theils des thierischen Körpers, dem Gewicht des in Bewegung gesetzten Werkzeugs und der Häufigkeit, mit der diese Anstrengungen widerholt werden müssen, ein solches Verhältniß hervorzubringen, daß daraus die größtmöglichste Wirkung entsteht. Als ein Beispiel, wie viel Zeit dadurch erspart wird, daß man mit einer einzigen Bewegung des Arms, statt einer, zwei Operationen verrichtet, genügt die einfache Handarbeit bei der Anfertigung der Spitzen für die Schnürbänder. Man macht diese Spitzen aus sehr dünnem Weißblech, welches früher zuerst in Streifen von der Breite der Schnur geschnitten, dann aber um dieselbe herumgebogen wurde, so daß sie das Metall umschloß. Seit Kurzem hat man diese doppelte Operation in eine einzige verwandelt, indem man an die Scheere zwei Stücke Stahl befestigt hat, welche den Streifen, während er abgeschnitten wird, gleichzeitig in die halbcylindrische Form biegen. Der größere, durch diese Vorrichtung nöthig gemachte Kraftaufwand ist fast unbemerkbar und wird durch dieselbe Bewegung des Arms, welche den Schnitt ausführt, bewirkt. In der Regel werden Frauen und Kinder zu dieser Arbeit benutzt, und mit dem verbesserten Werkzeuge verfertigen sie mehr als das Dreifache der Quantität in einer gegebenen Zeit. Ist die Arbeit an sich leicht, so erfordert die Zeitersparniß deren Beschleunigung. Die Wollfasern beim Verspinnen mit den Fingern zu

Digitized by Google

drehen, würde eine höchst langwierige Arbeit sein; beim gemeinen Spinnrad ist die Bewegung des Fußes nur mäßig, die des Fadens aber mittelst einer sehr einfachen Vorrichtung außerordentlich schnell. Es wird dieß dadurch bewirkt, daß um ein großes Rad und um eine dünne Spindel eine Darmseite oder sonst ein Band geht. Diese Vorrichtung haben übrigens sehr viele, und darunter sehr einfache Maschinen mit einander gemein. In den großen Bandläden macht der Verkauf es jeden Augenblick nöthig, fast jedes Stück Band auf- und wieder abzuwickeln, was selbst bei der abkürzenden Methode sehr ermüdend, ohne dieselbe aber sehr kostbar und zeitraubend, ja beinahe unmöglich wäre. Die so wohlfeilen und so äußerst nett aufgewundenen Knäulchen von Nähbaumwolle werden auf einer, nach demselben Prinzip eingerichteten, nur etwas mehr zusammengesetzten Maschine gewickelt.

Gehen wir von den kleinern, häufig gebrauchten Werkzeugen zu den größern und wichtigern Maschinen über, so fällt die durch Beschleunigung der Geschwindigkeit bewirkte Zeitersparniß noch mehr in die Augen. Bei der Stabeisenbereitung wird eine **100** Pfund und häufig auch das Doppelte und Dreifache wiegende, fast weißglühende Eisenmasse unter einen, durch Wasser- oder Dampfkraft bewegten, schweren Hammer gebracht, um unter demselben ihre vorläufige oder endliche Form zu erhalten. Der Hammer wird durch Hebedaumen gehoben, die an dem Umkreise einer sich drehenden Welle angebracht sind. Erhielte nun der Hammer seine Kraft nur von dem Raum, den er durchläuft, so würde er zu einem Schlage bedeutend mehr Zeit erfordern, als zweckmäßig ist, damit sich das glühende Eisen nicht abkühlt. Es ist daher wichtig, daß das Eisen in einer gegebenen Zeit möglichst viel Schläge erhält, weshalb die besser eingerichteten Hämmer nicht in die Höhe gehoben, sondern empor *geworfen* werden und zwar gegen einen starken Balken, der an seinem einen Ende befestigt, an dem andern aber frei ist, als eine gewaltige Feder wirkt und den Hammer mit solcher Schnelligkeit auf das Eisen wirft, daß in einer gegebenen Zeit noch einmal so viel Schläge fallen können. Man nennt diese Hämmer, deren Einrichtung wir in der ersten Abtheilung des zweiten Theils kennen lernen werden: *Aufwerfhämmer*. Bei den kleinern, sogenannten *Swanzhämmern*, wird dieß noch weiter getrieben; indem man nämlich den Schwanz des Hammerhelms gegen einen kleinen stählernen Amboß (Trellklotz) stark anschlagen läßt, prallt der Hammer mit solcher Schnelligkeit zurück, daß er in einer Minute **300**, ja selbst **500** Schläge macht.

IV. Verminderung der Geschwindigkeit.

Der häufigste Grund zur Anwendung von Vorrichtungen zur Verminderung der Geschwindigkeit wird durch das Bedürfniß herbeigeführt, großen Widerstand mit geringen Kräften zu überwinden.

Es ließen sich hier die Rollen, der Krahn und viele andere Vorrichtungen als Beispiele anführen, indeß sind sie eigentlich einigen der andern Ursachen unterzuordnen, von denen wir die, durch Maschinen erlangten Vortheile hergeleitet haben. Der durch den Rauch bewegte Bratenwender ist eine Maschine, bei welcher die mitgetheilte Geschwindigkeit zu groß für den damit zu erreichenden Zweck ist, weshalb sie durch Räder abgeleitet oder gemäßigt wird.

V. Zeitverlängerung durch das Fortwirken der Kräfte.

Dieß ist einer der gewöhnlichsten und nützlichsten Zwecke, zu welchem Maschinen benutzt werden. Die halbe Minute, die wir täglich an das Aufziehen unserer Taschenuhren wenden, ist eine unendlich geringfügige Mühe und dennoch dehnt sich ihre Wirkung mittelst weniger Räder auf **24** Stunden aus. Bei den Tafel-, Stuben- und Thurmuhren wirkt die ursprünglich in Thätigkeit gesetzte Kraft eine noch längere Zeit fort; die bessern bedürfen des Aufziehens nur alle acht Tage und hin und wieder findet man welche, die einen Monat, ja ein Jahr fortgehen. Eine andere leicht faßliche Erläuterung liefern unsere Hausgeräthe; der Bratenwender macht es dem Koch oder der Köchin möglich, in wenigen Minuten die Kraft, den mit den Spieße durchstochenen Braten zu drehen, auf eine ganze Stunde in Thätigkeit zu setzen und unter der Zeit andere Arbeiten vorzunehmen. Hierher gehören auch viele Automaten und durch Federkraft in Bewegung gesetzte Spielzeuge.

VI. Zeitersparniss bei natürlichen Operationen.

Der Gerbeprozeß gewährt uns ein treffendes Beispiel von der Maschinenkraft bei Hervorbringung von Wirkungen dieser Art. Die Aufgabe bei diesem Gewerbe ist die, alle Theile der zu gerbenden Haut mit dem *Gerbestoff* zu durchdringen, und man bewirkt dieß gewöhnlich, indem man die Häute in Gruben einweicht, welche eine Auflösung des gerbenden Mittels enthalten. Die Felle bleiben **6**, **12**, ja **18** Monate und, wenn sie sehr dick sind, selbst zwei Jahre lang in denselben. Eine so lange Zeit ist anscheinend erforderlich, damit der Gerbestoff das Innere eines dicken Felles durchdringen könne.

Das verbesserte Verfahren besteht nun darin, die Felle mit der Lohe in dicht verschlossene Gefäße zu bringen, aus welchen man sodann die Luft auspumpt. Hierdurch entfernt man die in den Poren der Felle enthaltene Luft und wendet den Druck der Atmosphäre an, um die Capillarattraction zu unterstützen, welche den Gerbestoff in das Innere der Häute hineinzieht. Indessen kann die Wirkung der auf diese Weise in Thätigkeit gesetzten unterstützenden Kraft nur *Einer* Atmosphäre gleich sein, weshalb man eine weitere Verbesserung angebracht hat. Das die Häute enthaltende Gefäß wird nämlich, nachdem es luftleer gemacht worden, mit der Gerbeflüssigkeit angefüllt und sodann, mittelst eines Druckwerks, noch eine kleine Quantität hinzugefügt. Hierdurch wird es möglich, jeden Grad von Druck hervorzubringen, den das Gefäß auszuhalten vermag, und man hat gefunden, daß bei Anwendung dieser Methode die dicksten Felle in **6** bis **8** Wochen gegerbt werden können.

Das Bleichen der Leinwand in freier Luft erfordert zwar nicht viel Arbeit, wohl aber viel Zeit, so daß, wegen Gefahr der Beschädigung und des Diebstahls, eine Abkürzung des Prozesses sehr wünschenswerth ist. Ist nun auch die jetzt übliche Methode keine mechanische, so liefert sie dennoch einen so merkwürdigen Beweis von der Förderung praktischer Zwecke des Manufacturwesens durch die Wissenschaft, daß wir, bei Erwähnung der durch Abkürzung

Digitized by Google

natürlicher Operationen entspringenden Vortheile, es uns nicht versagen konnten, auf die treffliche Benutzung des Chlorkalks zum Bleichen hinzudeuten.

Ein anderes, im engern Sinn der Mechanik angehörendes Beispiel ist die Dorngradirung zur Concentrirung der Salzsoole, ehe sie auf Salz versotten wird. Die Soole von zu geringem Salzgehalt, um sogleich mit Vortheil, d. h. ohne einen zu bedeutenden Brennmaterialienaufwand, versotten zu werden, wird nämlich durch Pumpen auf den obern Theil langer Gebäude gefördert und fickert von da ab in kleinen Strahlen durch Reißig- oder Dornbündel. Es wird die Soole dadurch zertheilt, bietet der Luft eine größere Fläche dar, das Wasser wird daraus verdampft und die unterhalb der Dornwände sich sammelnde Soole ist schon weit salzhaltiger als die, aus dem Soolbrunnen heraufgepumpte. Eine schnelle Gradirung hängt hauptsächlich von der Trockenheit der Luft und von den Winden ab. Die Gradirwerke müssen daher der Richtung der herrschenden Winde eines Landes entgegengestellt werden.

VII. Grosse Kräfte, welche die menschlichen übersteigen.

Es gehören sowohl Geschicklichkeit, als bedeutende Vorrichtungen dazu, um es möglich zu machen, daß sich die Kräfte vieler Menschen auf einem Punkt concentriren und beläuft sich deren Zahl auf Hunderte oder gar Tausende, so entstehen neue Schwierigkeiten. Miethete man 10,000 Menschen zu einer gleichzeitig wirkenden Arbeit, so würde es schwer zu ermitteln sein, ob auch ein Jeder seine ganze Kraft ausübe, d. h., sich zu überzeugen, daß jeder Arbeiter seinen Lohn wirklich verdiene. Sind noch größere Massen von Menschen oder Thieren erforderlich, so vermehrt sich nicht allein die Schwierigkeit der Leitung, sondern es werden auch durch die nothwendige Herbeischaffung von Lebensmitteln für so Viele die Kosten bedeutend vermehrt.

In allen größern Fabriken kommen häufig Fälle vor, in denen Dampfkraft angewendet werden muß, um Widerstände zu überwinden, deren Wältigung durch Thierkräfte bei weitem theurer sein würde. Das Drehen großer Taue, das Schmieden, Walzen und Zerschneiden großer Eisenmassen, das Auspumpen des Wassers aus unsern Bergwerken; alles dieß erfordert die Anwendung gewaltiger und sehr lange fortwirkender physischer Kräfte. Ist die Kraft, welche erfordert wird, groß, der Raum auf welchem sie sich entwickeln kann, klein, so nimmt man seine Zuflucht zu andern Mitteln. Bramah's hydraulische Presse kann, von einem einzigen Mann in Bewegung gesetzt, einen Druck von 1500 Atmosphären hervorbringen und man hat schon einen drei Zoll starken Cylinder von Schmiedeeisen mit diesem Instrument auseinander gesprengt. Beim Vernieten der Eisenbleche, aus denen die Dampfkessel angefertigt werden, ist es sehr wesentlich, die Näthe möglichst dicht zu machen. Dieß wird dadurch bewirkt, daß man die Niete rothglühend in die gelochten Bleche eintreibt und die Köpfe vernietet. Durch die Zusammenziehung, welche die Nieten durch die Abkühlung erleiden, treiben sie die Bleche mit einer solchen Kraft zusammen, daß nur die Haltbarkeit der Nieten ihr Gränzen setzt.

VIII. Ausführung von Arbeiten, die zu fein für Menschenhände sind.

Jene kolossalen Kräfte, die der Mensch durch Benutzung des Dampfes in Thätigkeit gerufen hat, zeigen sich in ihrer völligen Entwickelung nicht blos durch die größern Operationen des Fabrikenwesens; ein verhältnißmäßiger Kraftaufwand ist aber auch jedesmal da erforderlich, wo die Ausführung jeder einzelnen Operation zwar wenig Kraft in Anspruch nimmt, wo sie aber fast endlos wiederholt werden muß. Derselbe Riesenarm, der das dickste Kabeltau windet, spinnt aus der Baumwolle den bis zur Unsichtbarkeit feinen Faden. Der Hand gehorchend, welche diese unwiderstehliche Gewalt zur Thätigkeit rief, kämpft sie mit dem Ocean und dem Sturm und zieht siegreich durch Gefahren und Schwierigkeiten, deren Ueberwindung die frühere Schifffahrtskunde nicht einmal versucht hat. Die Ueberlegenheit der Dampffahrzeuge über die Segelfahrzeuge hat sich durch langjährige Erfahrung auf eine glänzende Weise dargethan. Dieselbe Maschine, die in ihrer gemäßigten Wirkung die Leinwand zu den Segeln webt, welche sie vielleicht einst überflüssig macht, bildet auch mit fast zauberhaften Fingern das zarteste Zeug zum elegantesten Damenputz.

Das Verfahren auf Silberpapier zu drucken, welches bei der Anfertigung der Banknoten nöthig ist, hat etwas Unbequemes, indem man das Papier vor dem Abdruck anfeuchten muß. Es war schwierig, dieß gleichförmig zu thun und bei dem ehemaligen Verfahren, nach welchem ein aus mehren Blättern bestehendes Paquet in ein mit Wasser angefülltes Gefäß eingetaucht wurde, geschah es sehr leicht, daß die äußern Bogen rissen, weil sie natürlich weit feuchter wurden, als die nach der Mitte zu liegenden. Man hat daher bei der englischen Bank eine andere, diese Unbequemlichkeit beseitigende Methode eingeführt. Man bringt nämlich das anzufeuchtende Papier in ein dichtverschlossenes Gefäß, pumpt die Luft aus demselben und läßt Wasser hinein, wodurch jeder Bogen vollkommen durchnäßt wird. Die überflüssige Feuchtigkeit wird darauf mittelst einer Presse ausgedrückt.

IX. Registrirende Operationen.

Einer der merkwürdigsten Vortheile, den wir Maschinen verdanken, besteht in der Sicherstellung, die sie uns gegen die Unachtsamkeit, Trägheit oder Spitzbüberei der Arbeiter gewähren. Wenig Beschäftigungen sind langweiliger, als das Zählen einer Reihe von Wiederholungen einer und derselben Sache. Die Anzahl der Schritte, die wir thun, liefert ein ziemlich gutes Maaß für den durchschrittenen Raum; der Werth dieses Maaßes aber wird durch den sogenannten Schrittzähler (Pedometer) erhöhet, welches Instrument uns der Mühe überhebt, die Schritte selbst zu zählen. Ein ähnlicher Mechanismus wird angewendet, um die Umwälzungen eines Rades an einem Wagen zu zählen, und dadurch zu bestimmen, welche Strecke Weges man zurückgelegt habe. Ein zwar dem Zweck nach ähnliches, aber in seiner Construction abweichendes Instrument, wird zum Zählen des Kolbenwechsels einer Dampfmaschine, oder der Anzahl der, unter dem Prägestock vollendeten Münzen angewendet.

Digitized by Google

Eines andern Instruments zum Registriren bedient man sich in einigen Anstalten zum Kalandern und Drucken. Viele hunderttausend Ellen Kattun und andere Zeuge durchlaufen wöchentlich diese Operationen, und da hierfür nur ein geringer Preis bezahlt wird, so würde der Werth der Zeit, welche das Ausmessen kostet, den Gewinn bedeutend vermindern. Man hat daher eine Maschine erfunden, um das Längenmaaß der Waaren, während sie schnell durch die Hand des Arbeiters laufen, zu ermitteln und einzuzeichnen, und zwar so, daß unmöglich ein Fehler beim Zählen vorkommen kann.

Unter allen Vorrichtungen dieser Art ist vielleicht keine so nützlich, als die, mittelst deren man sich der Wachsamkeit des Nachtwächters versichern kann. Es ist dieß ein, mit einer Uhr in Verbindung stehender Mechanismus. Die Uhr befindet sich in einem Zimmer, zu welchem der Nachtwächter keinen Zutritt hat; dagegen muß er einmal in jeder Stunde an einer Schnur ziehen, die an einem gewissen Punkte seines Reviers angebracht ist. Die Vorrichtung nun, welche sehr passend Ausplauderer (tell-tale) genannt wird, benachrichtigt den Eigenthümer, ob der Wächter irgend eine und welche Stunde er verfehlt hat.

X. Ersparung bei den anzuwendenden Materialien.

Durch die Genauigkeit, mit welcher alle Arbeiten von den Maschinen ausgeführt werden und durch die große Aehnlichkeit der durch dieselben verfertigten Artikel wird eine Ersparung bei dem Verbrauch des rohen Materials veranlaßt, die in manchen Fällen von großer Wichtigkeit ist.

Bei der frühesten Methode, aus einem Baumstamm Bretter darzustellen, bediente man sich dazu der Art. Wahrscheinlich wurde er zuerst in drei oder vier Theile zerspalten und jedem Theile sodann mittelst jenes Werkzeugs eine glatte Oberfläche gegeben. Bei einem solchen Verfahren konnte die Menge der Bretter der Menge des verbrauchten rohen Materials nicht gleichkommen, ja sie mußte, wenn die Bretter dünn waren, bei weitem geringer sein. Mit einem verbesserten Werkzeuge, mit der Säge, erlangte man ein ganz anderes Verhältniß. Verwandelt man mittelst der Säge den Block in starke Bohlen, so beträgt der Verlust nur einen geringen Bruchtheil, der sich, selbst wenn die Bretter nur einen Zoll stark sind, nur auf den achten Theil des rohen Materials belauft. Wird das Holz noch dünner geschnitten, z. B. zu Furniren, so würde freilich das Verhältniß des Verlustes zum rohen Material bedeutender sein, allein man bedient sich alsdann sehr dünner Sägen, oder bei kostbaren Holzarten schabender Klingen, so daß gar nichts verloren geht.

Die so schnellen Verbesserungen der Buchdruckerpressen in den letzten zwanzig Jahren, geben ein anderes Beispiel für die Ersparung des consumirten Materials, eben so anziehend wegen seines nähern Zusammenhanges mit der Literatur, als werthvoll, weil es durch genaue Messungen über allen Zweifel gestellt ist.

Bei dem ältern Verfahren beim Auftragen der Farbe oder der Buchdruckerschwärze auf die Lettern, bediente man sich der Druckerballen, halbkugelförmiger, ausgepolsterter und mit Leder überzogener Ballen. Der Drucker nahm eine kleine Quantität Schwärze vom Farbestein und wälzte

dann beide Ballen in verschiedenen Richtungen beständig übereinander, um eine dünne Schwärzeschicht gleichförmig über die Oberflächen der Lettern zu vertheilen. Diese trug er nun wälzend und tupfend auf die Typen auf. Bei einem solchen Verfahren mußte, selbst bei großer Geschicklichkeit des Arbeiters, eine nicht unbedeutende Menge der Schwärze sich an den Rändern der Ballen ansetzen und da selbige nicht auf die Typen kam, so wurde sie hart und unbrauchbar und mußte als eine dicke Rinde abgenommen werden. Allein dieß war nicht der einzige Uebelstand; die Quantität der auf dem Farbebrett ausgebreiteten Schwärze war durch kein Maaß regulirt. Eben so hing es allein von dem Willen des Arbeiters ab, wie oft und in welcher Richtung er die Ballen über einander wälzte; daher denn die Unmöglichkeit, eine gleichmäßige Schicht, die nur die zum Abdruck erforderliche Quantität der Schwärze enthielt, auf die Typen zu bringen. Durch die Einführung von Auftrage-Walzen, bestehend aus einer elastischen Mischung von Leim und Syrup, wurde allerdings eine bedeutende Ersparniß an Schwärze erreicht; jedoch blieb es der Mechanik vorbehalten, die höchste Ersparniß möglich zu machen.

Nach Einführung der, durch Dampfkraft in Bewegung gesetzten Druckmaschine, fand man, daß die Wirkungsart derselben jenen Walzen sich sehr gut anpassen ließ; man brachte einen Farbebehälter an, aus welchem eine Walze regelmäßig eine kleine Menge Schwärze zu jedem Abdruck herausnahm. Drei bis fünf andere Walzen vertheilen nun diese Quantität gleichmäßig über eine, durch höchst sinnreiche Vorrichtungen fast bei jeder Maschine verschieden gestalteten Platte. Ueber diese letztere führt eine andere Walze, welche mit der auf diese Weise aufgenommenen Schwärze, unmittelbar vor dem Abdrucke des Bogens über die Typen hin- und zurückgeht. Wir theilen die Resultate sehr genauer Versuche mit, die in einer der größten Officinen Londons angestellt worden sind. Es wurden zweihundert Ries Papier, bei der alten Auftragemethode mittelst Ballen, bedruckt; andere zweihundert Ries von demselben Papier, zu demselben Buche gehörig, wurden unter Pressen bedruckt, die ihre Lettern selbst schwärzten.

Der Schwärzeverbrauch bei der Maschine verhielt sich zu dem der Presse mit Ballen-Auftragung, wie 4 zu 9, oder betrug etwas weniger noch als die Hälfte.

Um zu zeigen, daß diese Auftragemethode die richtige Schwärze-Quantität auf die Typen bringe, müssen wir erstlich zeigen, daß sie nicht zu gering ist; dieß würde man bald durch die Klagen des Publikums und der Buchhändler erfahren; zweitens aber, daß sie auch nicht zu groß ist. Letzteres wird auf eine genügende Weise dadurch entschieden, wenn man erwägt, wie oft die sogenannte Unterlage bei der ehemaligen Methode ausgewechselt werden mußte. Wenige Stunden, nachdem der Bogen auf der einen Seite bedruckt worden, ist die Schwärze hinlänglich trocken, um ihn auch auf der andern Seite bedrucken zu können. Da aber ein bedeutender Druck dabei angewendet werden muß, so schützt man die schon bedruckte Seite gegen Beschmutzung, indem man zwischen ihr und dem Tiegel, einen Maculaturbogen legt Auf denselben kommt hintereinander ein jeder Bogen des zu druckenden Werks zu liegen, so daß es, je nach der Trockenheit der Bogen, oder der auf

Digitized by Google

ihnen befindlichen Schwärzemenge, allmählich mehr oder weniger von der Schwärze annimmt. Bei der frühern Methode mußte man die Unterlage nach hundert Abdrücken wechseln, weil sie alsdann zum weitern Gebrauch schon zu beschmutzt war. Bei dem Maschinendruck bedient man sich aber statt eines Maculaturbogens eines Battisttuchs, welches erst nach fünftausend Abdrücken gewechselt zu werden braucht und das selbst bei zwanzigtausend Abdrücken rein genug blieb. Hier haben wir also einen Beweis, wie viel Schwärze bei der alten Druckmethode nutzlos verschwendet, welches bei dem vollkommenen Maschinendruck gänzlich vermieden wird, indem nur die zum Druck selbst nöthige Schwärze auf die Lettern kommt.

XI. Identität der Arbeiten gleicher Art.

Nichts ist merkwürdiger und dennoch weniger unerwartet, als die vollkommene Gleichheit von Dingen, welche mit einem und demselben Werkzeuge verfertigt sind. Soll der Deckel einer runden Büchse dicht auf dieselbe schließen, so läßt sich dieß dadurch erreichen, daß man den Drehstahl der mechanischen Vorlage der Drehbank nach und nach vorwärts bewegt und so lange probirt, bis daß der rechte Schluß zwischen Büchse und Deckel gefunden ist. Ist derselbe aber einmal ermittelt, so lassen sich tausend Dosen ohne weitere Schwierigkeiten verfertigen; der Drehstahl wird bis an den Endpunkt vorgeschoben und jeder Deckel wird auf die Büchse schließen.

Dieselbe Gleichheit findet bei allen Druckarten statt; die Abdrücke desselben Holzschnitts, oder derselben Kupferplatte zeigen eine durch keine Hand zu erreichende Aehnlichkeit. Die feinsten Linien werden auf alle Abdrücke übertragen, wie unaufmerksam oder ungeschickt der Arbeiter auch immer sein möge. Der stählerne Durchschlag, womit der Kartenpfropfen für eine Vogelflinte geschlagen wird, bringt, wenn er seinen Dienst einmal mit Genauigkeit verrichtet, stets dasselbe Kreisrund hervor.

XII. Genauigkeit der Arbeiten verschiedener Art.

Die Genauigkeit, mit der die Maschinen ihre Arbeiten verrichten, ist vielleicht einer der wichtigsten Vortheile derselben. Dawider läßt sich freilich bemerken, daß ein großer Theil von diesem Vortheil sich auf Zeitersparniß zurückführen lasse.

Im Allgemeinen bewirkt jede Verbesserung der Werkzeuge, daß in einer gegebenen Zeit mehr Arbeit geliefert werden kann. Ohne Werkzeuge, d. h. mit bloßen Händen, lassen sich unzählige Dinge gar nicht machen. Man unterstütze die menschliche Hand durch das allerroheste Schneidewerkzeug, so sind ihre Kräfte vermehrt; die Anfertigung von vielen Dingen wird dann schon leicht und von andern, obwohl mit Anstrengung, möglich. Kommt zu dem Messer oder dem Beile noch die Säge, so wird manches, was früher schwierig gewesen ist, schon leicht, allein es eröffnet sich dagegen wieder eine neue Reihe von schwierigen Arbeiten. Diese Bemerkung ist auch auf die vollkommensten Handwerkszeuge und Maschinen anwendbar. Es würde einem geschickten Arbeiter allerdings möglich sein, mittelst Feilen und Polirmitteln aus einem Stück Stahl, einen Cylinder zu bilden; doch würde die Zeit, die es wahrscheinlich erfordert, so bedeutend und die fehlschlagenden Versuche würden so zahlreich sein, daß zu allen praktischen Zwecken, solch eine Art der Anfertigung stählerner Cylinder, unausführbar sein würde.

Dagegen ist derselbe Prozeß auf einer Drehbank mit mechanischer Vorlage das tägliche Geschäft von Hunderten von Arbeitern.

Es ist weit leichter, einen richtigen Kreis, als eine richtige gerade Linie hervorzubringen. Von allen mechanischen Operationen ist daher die des Drehens die vollkommenste. Wenn zwei Oberflächen gegen einander arbeiten, so streben beide, ihre anfängliche Figur sei auch welche sie wolle, die Gestalt von Kugelabschnitten anzunehmen. Die eine derselben wird concav, die andere conver, in verschiedenen Graden der Krümmungen. Eine ebene Oberfläche bildet die Trennungsgränze zwischen Concavität und Converität und ist daher schwer zu erreichen. Eine ähnliche Schwierigkeit zeigt sich bei dem Schleifen der Spiegel für Teleskope; die Parabel ist die Oberfläche, welche die Hyperbole von der Ellipse trennt und sie ist am schwierigsten hervorzubringen. Wird eine an ihrem Ende nicht cylindrische Spindel in ein nicht kreisrundes Loch gedrängt und die Spindel fortwährend umgedrehet, so haben beide Körper das Bestreben, in dieser Richtung zu einander kegelförmig zu werden, oder kreisförmige Querschnitte zu erhalten. Wird eine dreieckige Eisenspitze in einem kreisförmigen Loche bearbeitet, so drehen sich die Ecken nach und nach ab und sie wird kegelförmig. Diese Bemerkungen erläutern wenigstens die Principien, auf denen die Vorzüge der auf der Drehbank dargestellten Arbeiten beruhen.

Das Eindrücken der Zahlen auf die Banknoten ist eine Operation, die mit höchster Genauigkeit ausgeführt werden muß und obgleich jede Zahl von der andern verschieden ist, so sind doch wenige Räder hinreichend.

Vom Copiren.

Die beiden letzten Quellen des Vorzugs der durch Maschinen hervorgebrachten Arbeit entspringen aus einem Principe, welches in einem großen Theil aller Fabriken herrscht und von dem größtentheils die Wohlfeilheit der producirten Gegenstände abzuhängen scheint. Dieses Princip ist das System des Copirens im ausgedehntesten Sinne des Worts. In manchen Fällen wird unendliche Sorgfalt auf das Original verwendet, von dem eine Reihe von Copien genommen werden sollen und je größer die Anzahl der letztern ist, desto mehr Mühe kann auch auf das Original verwendet werden. So kann es denn geschehen daß das Instrument oder Werkzeug, mittelst dessen das Werk wirklich hervorgebracht wird, fünf- bis zehntausendmal den Preis eines jeden Einzelnen der Producte kostet.

Da nun das System des Copirens von so großer Wichtigkeit und von so ausgedehnter Anwendung in den Künsten und Gewerben ist, so wird es zweckmäßig sein, eine bedeutende Anzahl der Prozesse, bei denen es benutzt wird, hier aufzuführen; jedoch darf diese Aufzählung nicht als vollständig angesehen werden, indem wir uns nur auf diejenigen Einzelnheiten beschränkt haben, welche zur Verdeutlichung des Gegenstandes erforderlich sind.

Die Operation des Copirens wird unter folgenden Umständen ausgeführt: — durch Drucken, — durch Abgießen,

Digitized by Google

— durch das in Formen Drücken, — durch das Prägen, — mittelst Durchschlägen, — mit Verlängerung, — mit veränderten Dimensionen.

Copiren durch den Druck.

Der Druck in allen seinen zahlreichen Verzweigungen ist wesentlich eine Kunst des Copirens. Er umfaßt in seinen zwei großen Abtheilungen, dem Druck aus hohlen Linien, wie bei den Kupferplatten, und dem Druck von Erhabenheiten, wie beim Holzschnitt, eine ganze Reihe von Künsten.

Kupferdruck. — Hierbei werden die Copien gemacht, indem man mittelst eines starken Druckes eine dicke Schwärze von den in Kupfer geschnittenen Vertiefungen und Linien auf das Papier überträgt. Ein Künstler verwendet zuweilen die Arbeit eines oder mehrer Jahre auf den Stich einer Kupferplatte, die in manchen Fällen nicht mehr als etwa 500 vollkommen gute Abdrücke gestattet.

Stahlstich. — Dieser ist in vieler Hinsicht dem Kupferstich ähnlich, nur ist die Zahl der Abdrücke minder beschränkt. Eine in Kupfer gestochene Banknote kann ohne merkliche Verschlechterung nicht über dreitausend Abdrücke geben. Dagegen wurden zwei Abdrücke einer in Stahl gestochenen Banknote durch einen ausgezeichneten Londoner Künstler untersucht und er konnte nicht mit Sicherheit sagen, welches der früheste gewesen sei. Einer derselben war ein Probedruck aus dem ersten Tausend, der andere war genommen worden, nachdem man zwischen siebenzig und achtzigtausend abgedruckt hatte.

Notendruck. — Noten werden gewöhnlich mit Zink- oder in England mit Pewter-* Platten gedruckt, auf welchen die Charaktere mit Stahlpunzen eingedrückt werden. Da das Metall aber viel weicher als Kupfer ist, so erhält es leicht Schrammen, die etwas Schwärze zurückhalten und welches die Ursache des schmutzigen Ansehens mancher Noten ist. Jedoch hat der Engländer Cowper neuerlich ein Verfahren erfunden, um diesen Uebelstand zu vermeiden. Diese verbesserte Operation, welche den Charakteren Schärfe giebt, ist auch eine Art des Copirens, allein sie wird durch erhabenen Druck bewirkt.

Kattundruck mit Walzen. — Viele von den Dessins oder Mustern zu gedrucktem Kattun sind Copien, welche von kupfernen Walzen von 4 bis 5 Zoll Durchmesser genommen werden und deren Dessins vorher auf eine Stahlplatte gestochen und mittelst einer davon genommenen Patrize die Walze gravirt worden ist. Der eine Theil der Walze wird an die Farbe gebracht, während ein elastischer Schaber aus Stahl oder Bronze ähnlichem Metall, welcher stark gegen den andern Theil gedrückt wird und alle überflüssige Farbe von der Fläche wegnimmt, ehe sie das Zeug erreicht. Ein Stück Kattun von 28 Yards (à 3 Fuß, = 42 Ellen) Länge geht durch diese Walzenpresse und wird in 4 bis 5 Minuten bedruckt.

Druck mit durchlöcherten Metallblechen oder Schablonen. — Sehr dünnes Messingblech wird bisweilen in der Form von Buchstaben besonders zu Namen durchlöchert. Man legt eine solche Schablone auf die zu bezeichnende Substanz und fährt dann mit einem in irgend eine Farbe getauchten Pinsel darüber her. Die ausgeschnittenen Theile lassen die Farbe zu, so daß eine Copie des Namens auf der Unterlage erscheint.

Diese, eine etwas grobe Copie liefernde Methode wird häufig beim Ausmalen der Zimmer, besonders bei den Bordüren und auch bei Fabrikation der Papiertapeten benutzt.

Die schönen rothen baumwollenen Taschentücher, welche man in Glasgow färbt, erhalten diese Muster durch einen dem obigen ähnlichen Prozeß, nur daß man, statt von einem Muster zu drucken, ein entgegengesetztes Verfahren anwendet, — nämlich das, einen Theil der Farbe aus einem schon gefärbten Tuche zu entfernen. Eine Anzahl von Taschentüchern wird mit großer Gewalt zwischen zwei Metallplatten gepreßt, die auf ähnliche Weise mit runden oder rautenförmigen oder Löchern irgend einer andern Form, je nach dem beabsichtigten Muster, versehen sind. Die obere Metallplatte ist mit einem Rande umgeben und eine Flüssigkeit welche die Eigenschaft besitzt die rothe Farbe zu entfernen, wird auf dieselbe gegossen. Sie dringt durch die Oeffnungen der Platte und durch den Kattun, kann sich aber wegen des starken Gegendrucks an allen nicht ausgeschnittenen Theilen der beiden Platten, nicht über die Musterform hinaus verbreiten. Darauf werden die Taschentücher gewaschen und appretirt und das Muster auf jedem ist eine Copie der bei dem Prozesse gebrauchten durchlöcherten Metallplatten.

Die zweite Art, das Drucken von Flächen oder der erhabene Druck, wird weit häufiger in den Künsten und Gewerben angewendet, als die so eben betrachtete.

Druk mit Holzklötzen. — In diesem Fall ist ein Stück Buchsbaumholz die Materie, auf der das Muster geformt wird. Nachdem auf demselben die Zeichnung skizzirt ist, schneidet der Arbeiter mit scharfen Instrumenten jeden Theil mit Ausnahme der Linien aus, welche beim Druck dargestellt werden sollen; genau das Gegentheil von der Kupferstecherei, bei welcher jede Linie, die sich ausdrücken soll, ausgegraben wird. Die Schwärze wird, statt die in Holz geschnittenen Vertiefungen auszufüllen, auf die hervorstehenden Flächen aufgetragen und von da aufs Papier abgedruckt.

Hierher gehört auch die sogenannte Metall-Ektypographie, d. h. das Verfahren auf Kupfer erhaben reproducirte Zeichnungen darzustellen, welches Dembour in Metz (die Metall-Ektypographie ꝛc. A. d. Franz. von H. Meyer, Braunschweig 1835) erfunden und welches den Holzschnitt auf eine leichtere und sicherere Weise ersetzt, ja übertrifft.

Druck mit beweglichen Typen. — Diese ist, ihrem Einflusse nach die wichtigste aller Arten des Copirens. Ihre ganz besondere Eigenthümlichkeit besteht in der unendlichen Vertheilung der einzelnen das Muster bildenden Stücke. Nachdem dieses Tausende von Abdrücken geliefert hat, können dieselben einzelnen Elemente wieder und wieder in anderer Ordnung aufgereihet werden und auf diese Weise eine Menge von Originalen liefern, von denen Jedes Tausende von copirten Abdrücken zuläßt.

* Unter dem Namen Pewter sind in England mehre Legirungen bekannt, die hauptsächlich zu Geräthen verarbeitet werden und im Wesentlichen aus Zinn mit Blei, Antimon, Wismuth, Kupfer und Zink bestehen.

Digitized by Google

Stereotypen-Druck. — Diese Art des Copirens ist der vorigen sehr ähnlich, allein da das Original-Muster nicht umgesetzt werden kann, so bedient man sich ihrer nur, wenn eine außerordentliche Anzahl von Copien verlangt wird oder, wenn ein Werk aus Zahlen besteht, um sich ihrer Genauigkeit zu versichern. Einzelne Abänderungen können vorgenommeu werden und so lassen sich mathematische Tafeln durch die allmähliche Verbesserung ihrer Fehler zuletzt vollkommen darstellen. Die Art des Copirens gewährt, so wie die mit beweglichen Lettern, zugleich den Vortheil, daß sie im Verein mit Holzschnitten oder mit den erwähnten ektypographirten Kupferplatten gebraucht werden kann, eine häufig sehr wichtige Verbindung, welche bei Kupferstichen und Lithographien nicht mit gleicher Leichtigkeit zu bewirken ist.

Kattundruck mit Holz. — Es ist dieß eine Art, durch erhabenen Druck Copien von den Enden kleiner verschieden gestalteter Kupferdrahtstücke zu nehmen, die in einem Holzklotz befestigt sind. Sie stehen alle in gleicher Höhe, etwa $^1/_8$ Zoll über der Oberfläche des Holzes vor und werden von dem Verfertiger zu irgend einem verlangten Muster aneinander gereihet. Setzt man nun den Holzblock auf ein Stück feines wollenes Zeug, über welches irgend eine Farbe gleichmäßig ausgebreitet ist, so nehmen die hervorstehenden Kupferdräthe einen Theil davon an, den sie wieder absetzen, wenn sie auf den zu bedruckenden Kattun gebracht werden. Bei den frühern Methoden des Kattundrucks konnte nur eine Farbe gebraucht werden, allein bei dieser Art kann man, wenn z. B. eine Rose mit einem Blockaufsatze abgedruckt ist, die Blätter mit einem andern Aufsatze mit anderer Farbe drucken.

Druck auf Wachstuch-Zeugen. — Nachdem die grobe Leinwand, welche den Grund des Wachstuchs ausmacht, mit einer Farbe bedeckt worden ist, besteht das übrige zu seiner Fabrikation anzuwendende Verfahren in einer Reihe von Copien durch Abdruck von erhabenen Mustern auf Holzblöcken, die den bei der Kattundruckerei angewendeten sehr ähnlich sind. Jede Farbe erfordert einen andern Satz von Holzblöcken und darum ist das bunteste Wachstuch auch das theuerste.

Es giebt noch verschiedene andere Druckmethoden, die wir als Arten des Copirens noch kürzlich anführen wollen und die, obgleich sie nicht eigentlich zum erhabenen Druck gehören, diesem doch näher verwandt sind, als dem eigentlichen Kupferstich.

Brief-Copirung. — Eine Art, diesen Prozeß auszuführen, ist die, ein Blatt sehr dünnes Papier anzufeuchten und auf die zu copirende Schrift zu legen. Es werden alsdann beide Blätter durch eine Walzenpresse gezogen und es wird auf diese Weise ein Theil der Tinte des einen auf das andere übertragen. Natürlich erscheint die Schrift durch dieses Verfahren verkehrt, allein bei dem dünnen Papier, worauf sie übertragen worden, ist sie auf der andern Seite in unveränderter Stellung sichtbar.

Eine andere gewöhnliche Art des Brief-Copirens besteht darin, ein auf beiden Seiten mit Lampenschwarz bedecktes Papier zwischen ein Blatt dünnes Papier und dasjenige zu legen, worauf der zu copirende Brief geschrieben werden soll. Schreibt man nun mit einem harten Stift auf dem obern oder dünnen Blatt, so drücken sich die mit diesem Griffel geschriebenen Buchstaben vom schwarzen Papier auf den beiden anliegenden weißen Seiten aus. Die Durchsichtigkeit des obern Blattes, welches der Schreiber behält, ist in diesem Falle nöthig, um die auf der Rückseite des Papiers stehende Schrift lesbar zu machen. Beide Arten des Copirens sind in ihrer Anwendung sehr beschränkt, da sie höchstens zwei bis drei Wiederholungen gestatten.

Porzellan-Druck. — Diese Art des Copirens wird sehr häufig angewendet. Da die Oberflächen, auf welche der Druck übertragen werden soll, oft gekrümmt und bisweilen sogar canellirt sind, so wird die Farbe zuerst von der Kupferplatte auf eine biegsame Substanz, wie Papier, oder auf eine elastische Zusammensetzung von Leim und Syrup und in der Regel von diesen auf das Biscuit getragen, an dem sie leicht anhängt.

Steindruck. — Dieß ist eine andere Art, Copien in fast unbegrenzter Anzahl hervorzubringen. Das die Copien liefernde Original ist eine auf einem dichten feinen Kalkstein aufgetragene Zeichnung. Die zum Zeichnen angewendete Farbe besteht aus so fettigen Materien, daß wenn man Wasser auf den Stein gießt, dasselbe die Linien der Zeichnung nicht näßt. Geht sodann eine mit öliger Druckerschwärze bedeckte Rolle über den vorher benetzten Stein hin, so hindert das Wasser diese Farbe an den unbedeckten Stellen zu haften, während die zur Zeichnung gebrauchte Materie so beschaffen ist, daß die Schwärze an ihr hängen bleibt. In diesem Zustande wird die letztere auf ein über den Stein gelegtes Blatt Papier übertragen werden, wenn man es unter die Presse bringt, während die zur Zeichnung angewandte Farbe unverändert auf dem Stein zurückbleibt.

Copiren durch Abguss.

Die Kunst zu gießen, indem man Substanzen in einem flüssigen Zustande in eine Form laufen läßt, welche sie so lange aufnimmt, bis daß sie fest geworden, ist im Wesentlichen eine Art des Copirens, indem der dargestellte Gegenstand der Gestalt nach gänzlich dem Muster gleichet, von welchem er abgeformt ist.

Eisen- und Metallguß. — Die Originale, von denen die Formen für den Guß genommen werden, sind nach Zeichnungen verfertigte Modelle von Holz oder Metall, so daß der Abguß selbst eine Copie der Form ist und die Form eine Copie des Modells. Bei den gröbern Abgüssen von Eisen und andern Metallen und bei feinern Maschinentheilen, die eine Nacharbeit erleiden müssen, wird die genaue Aehnlichkeit zwischen den producirten Gegenständen, welche bei vielen der erwähnten Copirmethoden statt findet, in dem ersten Augenblick nicht erreicht, auch ist dieß nicht nöthig. Da die Metalle beim Erkalten schwinden, so wird das Modell größer gemacht, als der beabsichtigte Abguß, und wenn man diese von dem Sande, worin sie abgeformt worden, befreit, so kann sich hier und da ein kleiner Unterschied in dem Maaß der Höhlung vorfinden, welche sie zurückließ.

Bei kleinern Arbeiten, bei denen Genauigkeit nothwendiger ist und bei denen man nur wenige oder gar keine nachträglichen Operationen vornehmen kann, wird eine metallene, sehr sorgfältig ausgearbeitete Form angewendet.

Digitized by Google

Bei manchen Gegenständen, z. B bei den bleiernen Kinderspielzeugen werden messingene Formen genommen, die aus zwei Theilen bestehen und in denen die beabsichtigten Figuren eingegraben sind.

Gipsguß. — Diese Art des Copirens wird zu verschiedenen Zwecken angewandt: um genaue Darstellungen von menschlichen Formen, von Statuen, von seltnen Mineralien zu erlangen, zu welchem letztern Zweck sie erst neuerdings mit großem Vortheil angewendet ward. Bei jedem Gusse ist das erste, die Form zu machen und Gips ist die fast überall dazu benutzte Substanz. Seine Eigenschaft, eine kurze Zeit hindurch flüssig zu bleiben, macht ihn ganz besonders zu dem Zweck geschickt und das Anhängen, selbst an ein Original von Gips, wird unfehlbar verhütet, wenn man die Oberfläche des Modelles, von dem ein Abguß genommen wird, mit Oel bestreicht. Die um das Original gebildete Form wird in einzelnen Stücken abgelößt, wieder zusammengesetzt und hierin wird die Copie gegossen.

Wachsabgüsse. — Diese Art des Copirens, durch Coloriren unterstützt, liefert die schönsten Nachbildungen verschiedener naturhistorischer Gegenstände und giebt denselben ein so täuschendes Ansehn, daß auch das Auge des geübtesten Kenners hintergangen werden kann. Figuren merkwürdiger Menschen, deren Gesicht und Hand in Wachs bossirt war, sind seit langer Zeit schon angefertigt worden und in manchen Fällen sind auf diese Weise sehr schlagende Aehnlichkeiten erlangt worden. In seiner höchsten Kunst zeigt sich aber die Kunst des Wachsgusses in mehren anatomischen Museen, in den Sammlungen pathalogisch-anatomischer Gegenstände.

Die Kunst der Nachahmung in Wachs bringt gewöhnlich nicht die Menge der Copien hervor, die bei vielen andern ähnlichen Operationen entstehen. Ihre Zahl wird durch die spätern Stufen, welche das Verfahren zu durchlaufen hat, beschränkt, indem dieselben nicht mehr den Charakter des Copirens durch ein Werkzeug oder Muster an sich haben und folglich kostbarer sind. Durch den Guß wird nur die Form gegeben; die Färbung muß das Werk des von geschickter Künstlerhand geführten Pinsels sein.

Copiren durch Eindrücken in Formen.

Diese Methode, eine Menge einzelner Dinge hervorzubringen, die sich in ihrer äußern Gestalt vollkommen gleichen, ist in den Künsten und Gewerben von sehr ausgedehnter Anwendung. Die zu benutzenden Substanzen sind entweder von Natur oder durch künstliche Zubereitung weich und bildsam, und werden sodann durch mechanischen Druck, bisweilen auch mit Anwendung von Wärme, in das Metall von verlangter Gestalt gedrückt.

Das Streichen der Dachziegeln und Ziegelsteine. — Ein längliches hölzernes Viereck auf einem an der Bank des Ziegelstreichers befestigten Boden, ist die Form, worin jeder Ziegel oder Ziegelstein gebildet wird. Ein Theil Thon, der durch weniger geschickte Hände zubereitet ist, wird mit großer Gewalt in die zuvor mit etwas Sand bestreuete Form geworfen und schnell mit den Händen durchknetet, um ihn vollkommen in die Winkel einzudrücken. Hierauf streicht der Arbeiter den überflüssigen

Thon mit einem feuchten Holze ab und bringt den gebildeten Ziegelstein oder den Ziegel aus seiner Form auf ein Brett.

Porzellan mit erhabenen Verzierungen. — Viele der Figuren an diesen und an andern von den feinern Thonwaaren, welche unsere Tischgeräthe ꝛc. bilden, können auf der Drehscheibe nicht gebildet werden. Die erhabenen Verzierungen am Rande der Teller, ihre polygonische Gestalt, die canellirte Oberfläche vieler Gefäße, würden durch Handarbeit nur schwierig und kostbar oder gar nicht auszuführen sein; sie werden aber leicht und in allen Theilen gleichförmig gebildet, wenn man die weiche Substanz in eine harte Form drückt.

Die auf solch eine Form verwendete Sorgfalt und Geschicklichkeit werden durch die Menge von Abdrücken, die jene hervorbringt, bezahlt. Bei vielen Arbeiten der Porzellan-Manufactur wird nun ein Theil in Formen gedrückt, z. B. die obere Fläche der Teller ꝛc., während die untere auf der Scheibe gedreht wird. In einigen Fällen werden die Handgriffe oder nur wenige Verzierungen abgedrückt, der Körper des Gefäßes aber gedreht.

Glassiegel. — Das Schneiden in Stein erfordert viele Zeit und Geschicklichkeit, weshalb die auf diese Weise angefertigten Siegel oder Pettschafte nie sehr allgemein werden können. Man hat aber Nachbildungen von Glas von verschiedenen Graden der Aehnlichkeit gemacht, wobei die dem Glase gegebene Farbe vielleicht der erfolgreichste Theil der Nachahmung ist. Ein kleiner cylindrischer Stab von gefärbtem Glase wird so lange in der Löthrohr-Flamme erhitzt, bis daß das Ende weich wird. Dasselbe wird dann zwischen die Enden einer messingenen Zange, auf deren einen Seite die für das Siegel beabsichtigte Figur oder sonstige Devise erhaben ausgeschnitten ist, gedrückt. Bei gehörig sorgfältiger Erhitzung des Glases und feiner Ausführung der Form sind diese Nachbildungen nicht schlecht und stets sehr wohlfeil.

Viereckige Glasflaschen. — Die gewöhnlichen runden Formen der Glasgefäße werden leicht durch die Ausdehnung der Luft, womit man dieselben aufbläßt, hervorgebracht. In manchen Fällen ist es aber nöthig, viereckige Flaschen, die alle genau dieselbe Quantität Flüssigkeit enthalten sollen, zu haben; auch ist es oft wünschenswerth, daß Namen darauf abgedrückt werden. Man wendet dazu eine eiserne, kupferne oder messingene Form von der beabsichtigten Größe an, deren Innenseite den verlangten Namen eingegraben enthält. Diese Form, welche warm gemacht wird, öffnet sich in zwei Theile, um die runde unvollendete Flasche aufzunehmen, welche noch weich und noch an dem Blaserohr sitzend hineingebracht wird. Dann verschließt man die Form und zwängt das Glas durch starkes Blasen in die Ecken derselben.

Hölzerne Dosen. — Verzierte Schnupftabacksdosen, als Nachahmungen von geschnitzter oder guillochirter Arbeit, werden zu einem Preise verkauft, der beweißt, daß es nur Nachahmungen sind. Das Holz oder Horn, woraus sie gemacht sind, wird durch langes Kochen im Wasser erweicht und in diesem Zustande in Formen von Eisen oder Stahl gepreßt, worin die verlangten Modelle geschnitten sind und in denen die Substanz, bis daß sie getrocknet ist, einem großen Drucke ausgesetzt bleibt.

Digitized by Google

Hörnerne Messerschalen und Regenschirmgriffe. — Die Eigenthümlichkeit des Horns, durch die Wirkung des Wassers und der Hitze weich zu werden, macht es zu manchen nützlichen Zwecken geschickt. Man drückt es in Formen und es erhält erhabene Figuren, je nach der Beschaffenheit und dem Gebrauch der Gegenstände, an welchen es angebracht werden soll. Wenn das Horn krumm ist, kann es gerade, wenn es gerade krumm gebogen und in die durch die Zierrathe oder den Gebrauch bedingte Form gebracht werden und es lassen sich diese Gestalten in endloser Verschiedenheit vervielfältigen und zu sehr wohlfeilen Preisen darstellen.

Auch Schildpatt wird auf dieselbe Weise bearbeitet, jedoch, weil es theurer ist, seltner, sondern es geschieht die Verarbeitung gewöhnlich mit der Hand.

Irdene Tabakspfeifen. — Dieser einfache Fabrikationszweig gehört fast ganz dem Copiren an. Die Formen bestehen aus Eisen und aus zwei Hälften, deren Verbindungslinie man stets an einem Längenstriche von dem einen Ende der Pfeife bis zum andern bemerken kann. Die Höhlung der Röhre wird dadurch hervorgebracht, indem man einen langen Drath durch den Thon stößt, während er in der Form eingeschlossen ist.

Erhabener Kattundruck (Embossing engl.). — Man läßt den einfarbigen Kattun durch Walzen gehen, auf deren einer das auf dem Kattun erhöhet darzustellende Muster eingeschnitten ist. In diese wird das Zeug mit großer Kraft gedrückt und behält das Muster noch nach langem Gebrauch.

Aehnlich ist die Darstellung erhabener Arbeiten auf Leder. Die Muster werden auf stählerne Walzen gravirt, in welche das Leder gedrückt und der Theil, welcher nicht in eine Vertiefung trifft, zwischen den Walzen stark zusammengepreßt wird.

Senkarbeit (Swaging engl.) — Dies ist eine von den Schmieden benutzte Art des Copirens. Um Eisen oder Stahl beim Schmieden in irgend eine verlangte Form zu bringen, wendet man kleine stählerne Blöcke an, in welchen die verschieden gestalteten Vertiefungen vorhanden sind. Diese nennt man Gesenke (swages) und die meisten derselben bestehen aus zwei Stücken, aus einem Ober- und aus einem Untertheil. Will man z. B. einen runden Bolzen schmieden, der mit einem cylindrischen Kopfe von größerm Durchmesser, an welchem ein oder mehre Ansätze vorhanden sein sollen, versehen ist, so wird das glühende Eisen durch sogenanntes Stauchen verdickt, in das Untertheil des entsprechenden Gesenks gelegt, das Obertheil in Gestalt eines sogenannten Setzeisens darauf gehalten und indem das Eisen in Viertelwendungen gedreht wird, auf jenes so lange geschlagen, bis das weiche Eisen die verlangte Form angenommen hat.

Gravirung der Kupferplatten durch Druck. — Dies ist eins der schönsten Beispiele der zu einer fast unbegränzten Ausdehnung gebrachten Kunst des Copirens. Die Zartheit mit der sie ausgeführt werden kann und die Genauigkeit, womit die feinsten Spuren des Grabstichels von Stahl auf Kupfer, oder von hartem auf weichen Stahl übertragen werden können, ist fast unglaublich. Die meisten Vorrichtungen, mittelst deren diese Kunst so sehr vervollkommnet worden ist, verdanken wir dem Amerikaner Perkins. Man gravirt zuerst in weichen Stahl, der durch ein besonderes Verfahren, ohne nachtheilig auf die zarte Gravirung einzuwirken, gehärtet wird. Dieser harten gravirten Platte bedient man sich als Matrize, um mittelst derselben Patrizen anzufertigen, welche zur beliebigen Uebertragung des Stichs auf andere Platten dienen. Zur Anfertigung der Patrizen dient eine Walze aus Gußstahl (Molette), welche in einem Gestell sich um ihre Axen drehen kann; sie muß eine so große Oberfläche besitzen, daß sie die Platte gerade bedeckt. Die Walze weich gemacht und mit großer Kraft gegen die harte Matrize angedrückt, so daß sich die Zeichnung auf die Patrize rein überträgt und auf dieser erhaben zum Vorschein kommt. Darauf wird die Patrize eben so gehärtet, wie die Matrize und kann nun angewendet werden, um auf Kupfer oder weichgemachte Stahlplatten dieselbe Zeichnung zu übertragen, welche letztere dann wieder gehärtet und blau angelassen werden, um sie zum Abdruck vorzubereiten. Nicht allein zu Kupfer- und Stahlplatten, sondern ganz besonders auch zur Verfertigung von Papiergeld, Banknoten, ist dieses Verfahren der Siderographie mit Vortheil angewendet worden. Daß auf gleiche Weise auch die Desseinwalzen für Kattundruckereien, welche Walzendruck verfertigen, gearbeitet werden, ist schon oben bemerkt worden.

Gold- und Silberverzierungen, so wie sie häufig von den Gold- und Silberarbeitern gebraucht werden und die in dünnen Plättchen und Streifen bestehen, erhalten ihre Gestalt dadurch, daß man sie zwischen Stahlwalzen durchgehen läßt, auf denen das Muster erhaben oder vertieft gearbeitet ist. Man kann auf diese Weise jede beliebige Anzahl von Copien erhalten.

Papierverzierungen. — Gefärbte oder mit Gold- und Silberblättern belegte und mit verschiedenen erhabenen Mustern versehene Papiere, welche zum Einbinden der Bücher, zu Papparbeiten und zu Ornamenten verschiedener Art benutzt werden stellt man ebenfalls dar, indem man die Blätter zwischen gravirten Walzen durchgehen läßt.

Copiren durch Prägen.

Dieses Prinzip des Copirens kommt bei sehr vielen Künsten und Gewerben in Anwendung. Man führt es mittelst des Prägwerks aus, dessen wesentliche Theile eine Schraube und ein Schwengel mit Schwungkugeln sind. Die Materialien, auf denen die Copien geprägt werden, sind am häufigsten Metalle und der Prozeß wird bisweilen, während sie heiß sind, in einem Falle jedoch, während das Metall sich in einem halbflüssigen Zustande befindet, ausgeführt.

Alle als Geld im Umlauf befindlichen Münzen, werden durch diese Art des Copirens dargestellt. Die Prägestöcke werden entweder mit der Hand oder mit Wasser- oder mit Dampfkraft getrieben. Die vor einigen Jahren von London nach Calcutta gesandte Münzmaschine konnte täglich 200,000 Stück prägen.

Medaillen, auf denen die Figuren mehr erhaben zu erscheinen pflegen, als auf Münzen, werden auf ähnliche Weise dargestellt, allein ein einziger Stoß des Prägewerks reicht selten hin, dieselben zu vollenden und die durch denselben erfolgende Zusammendrückung des Metalles

Digitized by Google

macht es zu hart, so daß es nicht noch mehr Stöße erhalten kann, ohne nicht den Stempeln zu schaden. Es wird daher das Stück nach diesem ersten Prägen in einen Ofen gebracht, worin man es sorgfältig bis zum Rothglühen erhitzt, sodann aber wieder zwischen die Stempel legt, um es fertig zu prägen, ja bei großen Medaillen und bei solchen, die sehr hervorstehende Figuren haben, muß dieser Prozeß öfter wiederholt werden. Bei einer der größten bis jetzt geprägten Medaillen mußte dieß Verfahren, ehe sie vollendet ward, wohl hundertmal wiederholt werden.

Verzierungen an Monturstücken. — Diese werden gewöhnlich von Messingblech gemacht, indem man dasselbe zwischen zwei Stempel oder Stanzen legt und mittelst eines Fallwerks ausschlägt.

Knöpfe mit erhabenen Verzierungen, oder solche von hemisphärischer Gestalt, werden ebenfalls zwischen Stempeln geprägt, und eben so die Köpfe von verschiedenen Arten von

Nägeln, welche Kugelsegmente oder Polyeder sind.

Das Abklatschen oder Clichiren, ein sehr bemerkenswerthes Verfahren, durch Stempel zu copiren, wird bei Darstellung von Medaillen und zuweilen auch von Stereotypplatten und Holzschnitten angewendet. Bei verschiedenen Legirungen von Blei, Zinn und Antimon giebt es vor dem Schmelzpunkte einen gewissen Hitzgrad, wobei sie weder fest noch ganz flüssig ist. In dieser Art von Pasten-Zustand wird die Mischung in ein Gefäß unter einen Stempel gebracht, der mit beträchtlicher Kraft darauf fällt. Der Schlag treibt das Metall in die feinsten Linien des Stempels und die Kälte des letztern macht die ganze Masse sogleich fest. Ein Theil des halbgeschmolzenen Metalles wird durch den Schlag nach allen Richtungen herausgetrieben, jedoch von den Wänden des Gefäßes, in welchem die Abklatschung erfolgt, zurückgehalten. Die auf diese Weise hervorgebrachte Copie ist sehr scharf, allein die Seiten sind rauh und müssen geebnet und die Stärke der Stücke muß erst durch Drehen gleichmäßig gemacht werden.

Copiren mittelst Durchschlägen.

Diese Art des Copirens besteht darin, daß man entweder durch Stoß oder Druck einen stählernen Durchschlag (Ausschlagpunzen, Ausschlageisen) durch die zu schneidende Masse treibt. In einigen Fällen ist der Zweck der, wiederholte Copien mit derselben Oeffnung zu machen, so daß die von der Platte getrennte Substanz das Nichtbenutzte ist, in andern Fällen sind es aber eben die kleinen ausgeschlagenen Stücke, welche man benutzen will.

Lochen eiserner Bleche zu Dampfkesseln. — Das hierzu gebrauchte stählerne Locheisen ist $^3/_8$ bis $^3/_4$ Zoll stark und treibt aus den Blechen zirkelförmige Scheiben von $^1/_4$ bis $^3/_8$ Zoll Durchmesser.

Durchschlagen des Weißblechs. — Die Verzierungsmuster von durchbrochener Arbeit an den weißblechernen und lakirten Waaren, werden nicht immer von demselben Handwerker der die letztern anfertigt, ausgearbeitet. In London z. B. wird die Kunst, solche Verzierungen mittelst Schraubenpressen darzustellen, als ein besonderes Gewerbe betrieben und eine Menge von Weißblechen wird

zu Sieben, Weinseihern, Schenktischrändern und zu ähnlichen Zwecken durchlöchert und es ist bemerkenswerth, zu welcher Vollkommenheit und Regelmäßigkeit die Kunst gebracht ist. Auch Kupferbleche werden mit kleinen Oeffnungen von $^1/_{100}$ Zoll Durchmesser in solcher Menge durchlöchert, daß der Abgang von dem Blech größer ist, als das zurückbleibende Sieb und man hat schon zinnerne Platten so durchbohrt, daß mehr als 3000 Löcher auf jeden Quadratzoll kamen.

Bei allen übrigen Beispielen des Copirens mittelst Durchschlägen ist der zu benutzende Theil der ausgeschnittene.

Kartenscheiben für Schießgewehre. — Der Ersatz der Papierpfropfen durch kreisförmige Scheiben von dünner Kartenpappe, um die Schrotladung einer Flinte in ihrer Lage zu erhalten, hat ihren bedeutenden Vortheil. Jedoch würde man sie nicht mit Nutzen anwenden können, gäbe es nicht eine leichte Methode, eine unbeschränkte Zahl von Kartenscheiben hervorzubringen, die alle in die Mündung des Laufes passen. Nun schneidet aber das kleine stählerne Instrument, welches man dazu gebraucht, unzählige Scheiben aus, die seinem Schneiderand entsprechen und wovon jede genau den Flintenlauf ausfüllt.

Verzierungen von Goldpapier. — Die goldenen Sterne, Blätter und andere Figuren, die man zur Verzierung von Papier- und Papparbeiten und zu andern Spielzeugen anwendet, werden mit Durchschlägen von verschiedener Gestalt aus Bogen von Goldpapier ausgeschnitten.

Uhrketten. — Die Kette, welche bei den gewöhnlichen Taschenuhren das Federgehäuse mit der Schnecke verbindet, wird aus kleinen Stahlplättchen zusammengesetzt und es ist von Wichtigkeit, daß alle diese Stücke von gleicher Größe sind. Die Glieder sind zweierlei Art; die eine besteht in einem einzigen länglichen Stahlplättchen mit zwei Löchern, die andere aus zwei solchen Plättchen, die neben einander liegen und die Enden zweier einzelnen Plättchen zwischen sich haben. Beiderlei Glieder wechseln daher mit einander und werden mittelst Nieten, die durch alle drei Plättchen gehen, mit einander verbunden. Würden nun die Löcher an den Doppelgliedern nicht genau in gleichem Abstande liegen, so müßte die Kette unbrauchbar sein.

Copiren mit Verlängerung.

Bei dieser Art des Copirens besteht sehr wenig Aehnlichkeit zwischen dem Original und der Copie; nur der Querschnitt des prodicirten Gegenstandes ist dem Instrument, womit er gearbeitet wurde, gleich. Sind die zu bearbeitenden Substanzen hart, so gehen sie oft nacheinander durch verschiedene Löcher und bisweilen ist es erforderlich, sie von Zeit zu Zeit zu erhitzen.

Drahtziehen. — Das in Draht zu verwandelnde Metall erhält eine cylindrische Form und wird mit großer Gewalt durch runde in Stahlplatten befindliche Löcher gezogen; bei jedem neuen Durchziehen wird es dünner und wenn es vollendet ist, so liefert sein Querschnitt an irgend einem Punkte eine genaue Copie des letzten Loches, durch welches es gezogen worden. Auf den stärkern Drahtsorten sieht man oft feine nach der Länge des Drahtes laufende

Digitized by Google

Striche, welche daher rühren, daß die Löcher in den Zieheisen nicht gut ausgearbeitet sind. Der Draht hat eine sehr ausgedehnte Anwendung in den Künsten und Gewerben, gewöhnlich von kreisrundem, zuweilen auch von viereckigem oder halbrundem Querschnitt und es sind alsdann die Löcher in dem Zieheisen selbst viereckig, halbrund oder überhaupt so gestaltet, wie der Draht werden soll.

Eigenthümlich geformte Arten von Stahldraht sind der Triebstahl mit 6, 7, 8, 10 oder 12 Längenfurchen, wodurch der Querschnitt die Gestalt eines kleinen gezahnten Rades erhält und der von den Uhrmachern zur Verfertigung der Getriebe angewendet wird; der Sperrkegelstahl, ebenfalls zum Gebrauch der Uhrmacher, nämlich zur Verfertigung kleiner Sperrkegel.

Ziehen der Röhren. — Das Verfahren, Röhren von gleichmäßigem Durchmesser zu bilden, ist in der Ausführung dem des Drahtziehens ziemlich ähnlich. Nachdem das Messing- oder irgend ein anderes Blech, aus denen die Röhre angefertigt werden soll, cylinderförmig gebogen und zusammen gelöthet worden ist, so zieht man es, wenn es der Durchmesser der Außenseite ist, der gleichmäßig werden muß, durch eine Reihe von Löchern wie den Draht. Soll dagegen der innere Durchmesser gleichmäßig ausfallen, so werden mehre stählerne Cylinder, sogenannte Dorne durch die Röhren gezogen.

Bei den Röhren zu Teleskopen müssen beide Durchmesser gleichförmig sein. Man steckt daher einen stählernen Dorn in die Röhre und zieht diese alsdann durch eine Reihe von Löchern, bis daß der äußere Durchmesser die verlangte Dimension erreicht hat. Das Metall der Röhre zwischen den Löchern und dem in ihr steckenden stählernen Dorne wird so sehr gepreßt, daß wenn der letztere herausgezogen ist, die Innenseite der Röhre polirt erscheint. Auch wird die Röhre bei diesem Verfahren bedeutend, oft bis zum Doppelten verlängert.

Bleiröhren zu Wasserleitungen wurden früher gegossen, allein man hat gefunden, daß sie sowohl besser als wohlfeiler geliefert werden können, wenn man sie durch Löcher zieht. Man gießt nämlich einen bleiernen Cylinder von 5 bis 6 Zoll im Durchmesser und ohngefähr 2 Fuß Länge und mit geringer Höhlung längs der Are in welche ein 15 Fuß langer eiserner Dorn mit Gewalt getrieben wird. Darauf wird der Cylinder durch mehrere Löcher gezogen, bis das Blei die Länge des Dorns und die der Größe der Röhre entsprechende Stärke erreicht hat.

Walzen des Eisens. — Will man rundes Eisen von jeder beliebigen Stärke und Draht haben, der stärker ist, als er füglich gezogen werden kann, so erfolgt deren Fabrikation zwischen Walzen, von denen jede einen halbrunden Einschnitt hat, deren mehre von verschiedener Weite neben einander liegen. Aber nicht allein mit rundem, sondern auch mit halbrundem, ovalem, quadratischem, oblongem ꝛc. Querschnitt kann das Stabeisen auf diese Weise angefertigt werden. Dasselbe Verfahren befolgt man auch bei der Darstellung besonderer Muster, wie Eisenbahnschienen, Wagenfedern, derjenigen Theile des Fensterrahmens, der zwei aneinander stoßende Glasscheiben mit einander verbindet u. s. w. Diese Fensterrahmstäbe sind sehr zweckmäßig, da sie nur schwach zu sein brauchen und daher weniger Licht ausschließen. Bisweilen, wie z. B. bei

den sogenannten fischbauchförmigen Eisenbahnschienen, ist es erforderlich, daß die Stäbe nicht überall gleiche Stärke haben. Die Walzen haben alsdann eine eigenthümliche Einrichtung, wie wir in der zweiten Abtheilung dieses Theils näher sehen werden.

Italienische Nudeln (Vermicelli). — Die verschiedenen diesem Teige gegebenen Formen werden erlangt, indem man sie durch Oeffnungen zwängt, die in zinnernen Platten angebracht sind. Der hindurch getriebene Teig erscheint auf der andern Seite in langen Bändern. Dieselbe Methode wird von Köchen und Conditoren mehrfach angewendet.

Copiren mit veränderten Dimensionen.

Der Pantograph (eine Art Storchschnabel). — Diese Copirmethode wird hauptsächlich bei Zeichnungen oder Landkarten gebraucht; das Instrument ist einfach und kann, wie es in der Regel nur zu verkleinerten Copien benutzt wird, auch zum Vergrößern angewendet werden.

Ein vor mehren Jahren in London ausgestelltes Automat, welches die Profile der Besuchenden zeichnete, war durch einen Mechanismus nach diesem Prinzip eingerichtet.

Hinter einer kleinen Oeffnung in der Wand, dem Sitze der zu zeichnenden Person gegenüber, war eine camera lucida versteckt. Wenn nun ein Gehülfe einen mit der Hand der Figur in Verbindung stehenden Pantographen längs dem Umriß des Kopfes bewegte, so zeichnete das Automat ein entsprechendes Profil.

Guillochiren auf der Drehbank. — Auch diese zierliche Kunst gehört größtentheils dem Copiren an. Die auf der Spindel befestigten Patronen nöthigen den Schneidestahl auf der aufgespannten Arbeit dasselbe Muster herauszuschneiden und da die Entfernung des Schneidestahls von der Spindelare gewöhnlich geringer ist als der Radius der Patrone, so erhält man dadurch eine verkleinerte Copie.

Copiren von Prägestempeln. — Hierzu bedient man sich einer mit einer Drehbank verbundenen Vorrichtung. Man führt eine stumpfe Spitze langsam und mit Spiralbewegung nach und nach über jeden Theil des zu copirenden Stempels. Die Spitze wird vermöge eines Gewichts in alle Vertiefungen eingedrückt. Mit dieser stumpfen Spitze nun steht mittelst einer Maschine eine scharfe Spitze in Verbindung, welche gleichzeitig über ein Stück weichen Stahls hingeht und auf demselben die Zeichnung des Originalstempels entweder in derselben oder in verminderter Größe darauf eingräbt. Je kleiner die Copie im Verhältniß zum Original ausfällt, für desto vortrefflicher pflegt man sie zu halten. Der Stempel von der Größe eines Thalers liefert durch Copirung einen ziemlich guten für ein Viergutegroschenstück. Der Hauptvortheil dieser Copirmethode liegt jedoch in der Vorbereitung aller gröberen Theile; die feineren Linien, welche den Ausdruck vollenden, können dann von einem geschickten Künstler leicht nachgestochen werden.

Ein dem Prinzip nach dem vorigen nicht unähnliches Instrument hat man zur Verfertigung von Schuhleisten vorgeschlagen. In dem einen Theil des Apparats befindet sich ein Modelleisten zum rechten Fuß, und wenn die Maschine in Gang gesetzt wird, so schneidet sie aus zwei

Digitized by Google

Holzstücken, die an einen andern Theil angeschraubt sind, größere oder kleinere Leisten, je nachdem es verlangt wird und zwar so, daß eine von den beiden Copien einen Leisten für den linken Fuß abgiebt, wiewohl das Modell für den rechten Fuß paßt. Man bringt diese letztere Wirkung ganz einfach dadurch hervor, daß man beide zu schneidende Stücke durch ein Rad trennt und somit die Bewegung umkehrt. Wir zweifeln jedoch, daß diese Maschine in Anwendung gekommen ist.

Schraubenschneiden. — Werden die Schrauben auf der Drehbank angefertigt, indem man an der Spindel eine andere Schraube anbringt, so ist diese Arbeit im Wesentlichen ein Copiren, indessen wird blos die Anzahl der Schraubengänge in einer gegebenen Länge copirt; die Gestalt des Gewindes aber, so wie die Länge und der Durchmesser der zu drehenden Schraube haben durchaus nichts mit der Originalschraube gemein. Auch nach einer andern Methode werden Schrauben auf der Drehbank geschnitten, indem ein Mustergewinde (Patrone), welches durch Räder mit der Spindel in Verbindung steht, den Schneidestahl leitet. Bei diesem Verfahren wird die Anzahl der Windungen in einer gegebenen Länge verschieden sein, wenn die Umdrehungszeit der Spindel nicht die nämliche ist, wie die der Schraube, welche den Schneidestahl führt. Dreht sich die Spindel schneller als der Schneidestahl, so fällt die producirte Schraube feiner aus als das Original, im umgekehrten Falle gröber. Die auf diese Weise dargestellte Schraube mag aber nun feiner oder gröber sein, einen größern oder kleinern Durchmesser, die nämlichen oder eine größere Anzahl von Windungen haben als das Original, immer wird man alle in diesem befindliche Mängel unter veränderten Umständen auf jedes copirte Individuum übertragen.

Die Kunst des Drehens selbst, dürfte vielleicht als eine Art des Copirens angesehen werden. Alle auf einer Spindel ausgeführten Arbeiten, nehmen mehr oder weniger an deren Unregelmäßigkeiten Theil und die vollkommene Centricität, die an jedem Punkte des gedrehten Stücks statt finden muß, kann nur durch eine gleiche Regelmäßigkeit der Spindel und ihrer Docken erreicht werden.

Kupferdruck mit veränderten Dimensionen. — Vor einigen Jahren wurden einige sehr eigenthümliche Producte einer, bis jetzt noch nicht bekannt gemachten Art des Copirens von Paris nach London gebracht. Ein Pariser Uhrmacher, Namens Gonord, hatte eine Methode erfunden, wodurch er im Stande war, von einer und derselben Kupferplatte Abdrücke von verschiedenen Größen, größer oder kleiner als die Originalzeichnung zu nehmen. Ein sehr geübtes Auge konnte in keinem, von den auf diese Weise vergrößerten oder verkleinerten Abdrücken irgend eine Linie entdecken, von der nicht die entsprechende auch in der andern vorkäme. In der Quantität der Druckerschwärze schien ein Unterschied zu bestehen, allein durchaus keiner in den Linien des Stichs und nach dem Ansehen der Abdrücke ließ sich nur eine Vermuthung aufstellen, welche von den verschiedenen Abdrücken der ursprüngliche von der Kupferplatte sei. Das Verfahren bei dieser merkwürdigen Operation ist nicht bekannt geworden, jedoch verdienen zwei, damals darüber aufgestellte Hypothesen erwähnt zu werden. Nach der einen wird angenommen, daß der Künstler ein

Verfahren kannte, die Farbe von den Linien einer Kupferplatte auf die Oberfläche irgend einer Flüssigkeit zu übertragen und von da wieder auf das Papier. Die Copie mußte bei diesem ersten Verfahren genau von denselben Dimensionen ausfallen, wie die des ursprünglichen Stiches; wenn nun aber die Flüssigkeit in einem Gefäß enthalten war, welches die Gestalt eines umgekehrten Kegels hatte und welches mit einer Oeffnung am Boden versehen war, so ließ sie sich mittelst allmähligen Hinzuthuns oder Hinwegnehmens durch die Spitze des Kegels, niedriger oder höher stellen. In diesem Falle würde die mit der Farbe behaftete Oberfläche sich verkleinern oder erweitern und die Copie könnte nach jedem veränderten Zustande aufs Papier übertragen werden. Es läßt sich jedoch nicht läugnen, daß diese hypothetische Erklärung manchem Zweifel ausgesetzt ist; denn obgleich sich für das umgekehrte Verfahren, einen Abdruck von einer flüssigen Oberfläche zu nehmen, etwas Analoges in der Kunst, Papier zu marmoriren, nachweisen läßt, so bleibt noch zu beweisen, wie sich die Farbe vom Kupfer auf die Flüssigkeit übertrage.

Wahrscheinlicher ist eine zweite Hypothese, welche sich auf die elastische Natur einer Verbindung von Leim und Syrup gründet, einer Substanz, welche bereits bei der Uebertragung von Zeichnungen auf feinere irdene Waaren im Gebrauch ist. Nun ließe sich annehmen, daß man auf einer großen, aus dieser Zusammensetzung bestehenden Fläche einen Abdruck von der Kupferplatte nähme, daß diese Fläche sodann nach beiden Richtungen gestreckt und die somit ausgedehnte Farbe auf Papier übertragen werde. Soll dagegen die Copie kleiner sein als das Original, so muß die elastische Substanz gestreckt werden, ehe man den Abdruck von der Kupferplatte nimmt. Beseitigt man darauf die Spannung, so zieht sie sich zusammen und vermindert auf diese Weise die Größe der Zeichnung. Auch ist es möglich, daß eine einzige Uebertragung nicht in allen Fällen ausreicht, da die Dehnbarkeit der Zusammensetzung aus Leim und Syrup zwar bedeutend, aber doch immer beschränkt ist.

Mit Blättern von Gummi elasticum von gleichmäßiger Textur und Stärke ließe sich der Zweck vielleicht besser erreichen. Es könnte auch die Farbe von der Kupferplatte auf die Oberfläche einer Flasche von elastischem Gummi oder Caoutchouc übertragen worden sein; die Flasche würde darauf, indem man Luft hineinpumpte, erweitert und gäbe dem Papier eine vergrößerte Copie ab. Abdrücke auf diese Weise und alle genau von gleicher Größe zu produciren, würde viel Zeit und Mühe kosten, daher ließe sich der Zweck zuverlässiger und kürzer erreichen, wenn man die Operation des Vergrößerns und Verkleinerns der Zeichnung nur einmal vornähme und, statt die Abdrücke von der weichen Substanz zu nehmen, die Zeichnung auf Stein übertrüge; so würde ein bedeutender Theil der Arbeit dem schon bekannten Steindruck anheimfallen.

Wir schließen diese, keineswegs vollständige, Aufzählung der Künste, denen das Copiren zum Grunde liegt, mit einem Beispiel, welches der Leser jedes stereotypirten Buches vor Augen hat, obgleich Wenige vielleicht die zahlreichen Copirungen ahnen, welche Behufs eines solchen gemacht werden müssen.

Digitized by Google

1) Ein solches Buch besteht aus gedruckten Copien von Stereotypplatten.

2) Diese Stereotypplatten sind gegossene Copien von Gipsformen.

3) Jene Formen sind selbst wieder Copien, indem der Gips im flüssigen Zustande auf die vom Setzer zusammengestellten beweglichen Typen gegossen wurde.

4) Diese beweglichen Typen, die folgsamen Dolmetscher der widerstreitendsten Gedanken, der entgegengesetztesten Theorien, sind selbst wieder Copien, da man sie in kupferne Formen gießt, die Matrizen genannt werden.

5) Der Boden dieser Matrizen enthält die Vertiefung

des beabsichtigten Buchstabens oder Zeichens, und ist die Copie einer stählernen Punze, auf welcher sich dieselbe Figur in Relief befindet.

6) Selbst diese stählernen Punzen sind von diesem durchgreifenden Prinzip nicht ganz ausgenommen; denn viele Höhlungen darin, wie z. B. die in der Mitte der Punzen für die Buchstaben a, b, d, e, g u. s. w., werden wieder durch andere Punzen hervorgebracht, welche diese Theile in Relief haben. Somit hätten wir denn in der mechanischen Kunst des Druckens sechs aufeinander folgende Stadien des Copirens nachgewiesen, und wie hier, so trägt das Copiren in jedem andern Fabrikfache zur Gleichmäßigkeit und Wohlfeilheit der Producte bei.

Zweites Capitel.

Von den Haushaltsgrundsätzen des Fabrikenwesens.

Bei der Verfertigung irgend eines Verbrauchsgegenstandes ist es eine Hauptsache, ihn in möglichst vollkommener Form darzustellen; um sich aber selbst den größten und dauerndsten Vortheil zu sichern, muß der Producent, vermöge aller in seiner Macht stehenden Mittel, den neuen Luxus- oder Bedürfnißartikel, welchen er darstellt, den Consumenten so wohlfeil als möglich zu liefern suchen.

Die auf diese Weise erlangte größere Anzahl von Käufern, wird ihn einigermaßen gegen den Eigensinn der Mode schützen und es wird dadurch ein viel größerer Gewinn herbeigeführt werden, obgleich jeder Einzelne weniger zu demselben beiträgt.

Wenn daher der Producent irgend eines Gegenstandes ein Fabrikant werden will, so muß er, außer den mechanischen Grundsätzen, auch alle übrigen berücksichtigen, von denen eine erfolgreiche Ausführung seiner Arbeit abhängt. Er muß sehr sorgfältig das ganze System seiner Fabrik dergestalt einrichten, daß die Productionskosten des Artikels, welchen er dem Publicum verkauft, so gering als möglich sind.

Achtet er nicht sogleich von selbst auf solche scheinbar entfernt liegenden Rücksichten, so wird in jedem sehr cultivirten Lande die Concurrenz ihn sehr bald zwingen, seine Aufmerksamkeit auf den Haushalt der Fabriken zu richten. Bei jeder Preisherabsetzung seiner Waare wird er eine Entschädigung in irgend einer Ersparniß bei der Art und Weise der Darstellung suchen müssen und die Hoffnung, es dahin zu bringen, daß er wohlfeiler als sein Concurrent verkaufen könne, wird seine Erfindungskraft schärfen.

Anfänglich kommen die auf diese Weise erreichten Verbesserungen nur den Erfindern selbst zu gute; hat aber erst eine hinlängliche Erfahrung den Werth derselben erwiesen, so werden sie allgemein angenommen, bis daß sie ihrerseits wieder durch andere verbesserte Methoden verdrängt werden.

Die ökonomischen Grundsätze, welche bei der Anwendung der Maschinen in Betracht kommen und welche das Innere aller großen Fabriken leiten, sind fast eben so wesentlich für das allgemeine Gedeihen derselben, als die mechanischen Prinzipien, deren Wirkungen wir im vorigen Abschnitt erläutert haben.

Theilung der Arbeit.

Einer der wichtigsten Grundsätze, auf denen der Haushalt der Fabriken beruhet, ist die Vertheilung der Arbeit unter das in denselben beschäftigte Personal. Die Anwendung dieses Prinzips ist schon in einem sehr frühen Zustande der menschlichen Gesellschaft gemacht worden; denn es mußte sehr bald einleuchten, daß sich ein Jeder weit mehr Erleichterungen und Bequemlichkeiten würde verschaffen können, wenn sich Einer allein mit der Verfertigung von Bögen, ein Anderer mit dem Haus-, ein Dritter mit dem Schiffbau u. s. w. beschäftigte.

Diese Vertheilung der Arbeit nach Handwerken entsprang jedoch nicht etwa aus der Ansicht, daß der allgemeine Reichthum der Gemeinheit dadurch vermehrt werden würde; sondern nur, weil jeder Einzelne fand, daß es mehr zu seinem Privatvortheil gereichen müsse, wenn er sich, statt mit verschiedenen, nur mit Einem Geschäft befasse.

Es muß jedoch der Zustand der menschlichen Gesellschaft ein sehr gesitteter sein, ehe dieses Prinzip auch in den Werkstätten geltend gemacht werden kann; denn nur in sehr civilisirten Ländern, nur bei Artikeln, bei denen eine große Concurrenz unter den Producenten stattfindet, wird die Theilung der Arbeit in ihrer Vollkommenheit angetroffen.

Ueber die verschiedenen Vortheile dieses Systems haben die Staatswirthschaftslehrer viel geschrieben, scheinen aber nicht in allen Fällen die relative Wichtigkeit des Einflusses desselben hinlänglich zu würdigen.

Digitized by Google

Nachdem wir nun zuvörderst die, von jenen Autoren angeführten Vortheile kurz auseinander gesetzt haben, wollen wir das von denselben unberücksichtigt Gelassene angeben.

1) Von der zur Erlernung eines Geschäfts erforderlichen Zeit. — Man kann als feststehend annehmen, daß die zur Erlernung irgend einer Arbeit erforderliche Länge der Zeit bedingt ist durch die Schwierigkeit der Herstellung derselben und daß der Lehrling um so mehr Zeit zum Erlernen bedarf, je vielfältiger die Prozesse des zu erlernenden Geschäfts sind. Bei sehr vielen Gewerben sind fünf, auch sieben Jahre als der dazu nöthige Zeitraum angenommen, daß der Lehrling dasselbe hinlänglich verstehe, um durch seine Arbeit während des letzten Theils seiner Lehrzeit den Meister für die während des ersten verursachten Kosten entschädigen zu können. Wenn er aber z. B., statt sämmtliche zur Verfertigung einer Nähnadel erforderlichen Prozesse zu erlernen, sich blos auf einen derselben beschränkt, so wird der keinen Gewinn abwerfende Theil seiner Lehrzeit nur gering und die ganze übrige Zeit dem Meister vortheilbringend sein. Besteht eine Concurrenz unter den Lehrherrn, so verschafft dieselbe dem Lehrling bessere Bedingungen und eine Abkürzung der Lehrzeit. Andrerseits wird die Leichtigkeit, es in einem einzelnen Prozesse zu solcher Fertigkeit zu bringen, daß der Bursche schon früh im Stande ist, sich dadurch zu ernähren, mehr Leute bewegen, ihre Kinder dazu zu erziehen, welcher Umstand denn wieder, da auf diese Weise die Zahl der Arbeiter steigt, eine Verminderung des Arbeitslohns bewirken muß.

Von jedem Lernenden wird eine gewisse Quantität Material entweder, ohne Gewinn zu bringen, verbraucht oder verdorben. Geht er nun zu einem neuen Prozeß vorwärts, so wiederholt sich dasselbe entweder mit dem rohen Material, oder mit dem schon zum Theil bearbeiteten Artikel. Es wird aber der Verlust bei weitem größer sein, wenn jeder alle Prozesse eines Gewerbes, als wenn er nur einen erlernt und aus diesem Grunde trägt demnach die Theilung der Arbeit zur Verminderung des Preises bei.

2) Ein anderer, aus der Theilung der Arbeit hervorgehender Vortheil ist der, daß bei dem Uebergange von einem Geschäft zu einem andern stets Zeit verloren geht.

Wenn Hand oder Kopf eine Zeit lang an eine Art der Arbeit gewöhnt worden ist, so können sie bei einem Wechsel der Arbeit nicht gleich so wirksam sein, wie bisher. Die Muskeln der angestrengten Glieder sind biegsam, die in Ruhe gebliebenen steif geworden, so daß bei jedem Wechsel die Arbeit anfänglich langsam und ungleichmäßig von Statten geht. Durch lange Gewohnheit erlangen die dabei in Bewegung gesetzten Muskeln die Fähigkeit, weit bedeutender angestrengt zu werden, als es unter andern Umständen möglich wäre. Dasselbe findet auch bei einem Wechsel geistiger Arbeit statt, indem die auf den neuen Gegenstand gerichtete Aufmerksamkeit Anfangs nicht so ungetheilt ist, als nachdem man erst mit demselben vertrauter geworden ist.

Eine fernere Ursache des Zeitverlustes bei dem Uebergange von einer Operation zu der andern, ist der Gebrauch anderer Werkzeuge bei jeder andern Beschäftigung. Freilich ist dieser Zeitverlust, wenn diese Werkzeuge einfach und

der Uebergänge nicht viele sind, nur unbedeutend; allein für viele Prozesse in den Künsten sind die Werkzeuge sehr fein und verlangen bei jedesmaliger Benutzung die genaueste Anordnung, welche häufig eben so viel Zeit erfordert, wie die Anwendung selbst. Dahin gehören die mechanischen Auflagen beim Drehen, die Theil- und die Bohrmaschinen; daher man es denn in den größeren Fabriken zweckmäßig gefunden hat, eine und dieselbe Maschine stets für eine und dieselbe Art von Arbeit zu benutzen. So z. B. eine Drehbank, die zum Fortschieben der festen Auflage eine Schraubenbewegung längs ihrer Wangen hat, ausschließlich zum Abdrehen von Cylindern; eine andere, deren Bewegung darauf berechnet ist, die Geschwindigkeit des abzudrehenden Gegenstandes an dem Punkte, wo er den Drehstahl berührt, auszugleichen, zur Ebenung von Oberflächen; eine dritte zum Schneiden von Rädern ꝛc.

3) Durch häufige Wiederholung einer und derselben Arbeit darin erlangte Fertigkeit. — Durch beständige Wiederholung eines und desselben Geschäftes muß der Arbeiter nothwendig einen Grad von Geschicklichkeit und Schnelligkeit sich aneignen, welchen der mit vielen verschiedenen Operationen Beschäftigte nie erreichen kann. Noch mehr wird diese Schnelligkeit dadurch gesteigert, daß die meisten Arbeiten in Fabriken, also da wo die Vertheilung der verschiedenen Operationen bis in's Kleinste geht, stückweise bezahlt werden. Die Einwirkung dieser Vertheilung der Arbeit auf die Production in Zahlen auszudrücken, ist schwierig. Beim Nagelschmieden verhält sich nach der Angabe von Adam Smith die Production wie drei zu eins, indem, wie er bemerkt, ein Schmied, der zwar das Nagelmachen versteht, dessen ausschließliches Geschäft es aber nicht ist, täglich nur 800 bis 1000, ein eigentlicher Nagelschmied aber, der nie ein anderes Handwerk getrieben, täglich über 2300 Stück verfertigen kann.

Die durch die letztgenannte Ursache erzielte Ersparniß bei der Production verhält sich natürlich bei allen Gewerben nicht gleich. Das Beispiel von dem Nagelschmieden ist vielleicht nur ein Extrem. Auch muß bemerkt werden, daß in gewissem Sinne der Vortheil kein dauernder ist; er mag vielleicht Anfangs in den Werkstätten wahrnehmbar sein, allein mit jedem Monat erlangen die Arbeiter größere Fertigkeit, so daß sie nach Verlauf von drei bis vier Jahren vielleicht so weit sind, als die, welche stets nur mit einem Zweige ihres Geschäftes sich abgegeben haben.

4) Die Theilung der Arbeit führt zur Erfindung von Werkzeugen und Maschinen. — Bleibt jeder zur Vollendung eines Artikels erfoderliche Prozeß ausschließliches Geschäft eines einzelnen Individuums, so ist es viel wahrscheinlicher, daß seiner ungetheilten Aufmerksamkeit sich eine Verbesserung seiner Werkzeuge oder eine zweckmäßigere Handhabung derselben darbieten werde, als wenn eine Menge verschiedenartiger Beschäftigungen die Aufmerksamkeit beständig zerstreuet. Eine solche Verbesserung des Handwerkszeugs aber ist gewöhnlich der erste Schritt zu einer Maschine. Soll z. B. ein Stück Metall auf einer Drehbank geschnitten werden, so entsteht nur dann ein völlig reiner Schnitt, wenn der Drehstahl unter einem besonderen Winkel dagegen gehalten wird. Einem verständigen Arbeiter drängt sich natürlich der Gedanke auf, daß es zweckmäßig seyn würde, das Werkzeug unter diesem be-

Digitized by Google

sonderen Winkel zu befestigen. Die Nothwendigkeit, den Drehstahl langsam und parallel mit sich selbst zu bewegen, führt auf den Gedanken, dazu eine Schraube anzuwenden, und so entsteht die feste Auflage oder das Support. Der gewöhnliche Tischlerhobel ist wahrscheinlich dadurch entstanden, daß einem Arbeiter einfiel, zu seinem Meisel ein Gestell zu machen, damit er nicht zu tief einschneide. Beim Hämmern lehrt die Erfahrung, welches Quantum von Kraftaufwand dabei nöthig sei. Der Uebergang von dem mit der Hand gehaltenen Hammer zu einem auf eine Welle gesetzten und mittelst einer mechanischen Vorrichtung gehobenen, erfordert vielleicht einen höhern Grad von Erfindungskraft, als die vorherigen Beispiele; indessen ist es nicht schwer, die Beobachtung zu machen, daß, wenn der Hammer stets von derselben Höhe herabfällt, seine Wirkung auch immer dieselbe bleiben müsse.

Kann erst jeder Prozeß mit einem einfachen Werkzeuge vollendet werden, so besteht die Maschine in der durch eine und dieselbe Kraft in Bewegung gesetzten Vereinigung aller dieser Werkzeuge. In der Erfindung von Werkzeugen und in der Vereinfachung der Handarbeiten ist der Handwerker oft sehr glücklich; einen höheren Grad von Geistesbildung setzt es aber voraus, diese einzelnen Vervollkommnungen zu einer und derselben Maschine zu vereinigen. Vorher die einzelnen handwerksmäßigen Arbeiten erlernt zu haben, ist freilich sehr gut; allein zur erfolgreichen Zusammensetzung einer Maschine sind genaue Kenntnisse der Mechanik und des Maschinenzeichnens wesentliche Bedingungen. Dergleichen Fähigkeiten sind jetzt allgemeiner und der frühern schlechten Ausbildung der Gewerbtreibenden sind die vielen Mißgriffe bei dem Fabrikwesen größtentheils zuzuschreiben.

Es sind dieß nur die gewöhnlich aufgezählten, aus der Theilung der Arbeit entspringenden Vortheile; allein dabei ist gerade die wichtigste und einflußreichste Einwirkung gänzlich übersehen, und wir wollen daher das bisher Erwähnte in den folgenden Worten von Adam Smith* zusammenfassen:

„Daß in Folge der Eintheilung der Arbeit eine ungemein größere Quantität durch dieselbe Anzahl Menschen producirt werden kann, läßt sich auf drei Ursachen zurückführen: erstlich auf die dadurch vermehrte Fertigkeit der einzelnen Arbeiter; zweitens auf die Ersparniß der Zeit, welche man beim Uebergange von einer Arbeit zur andern in der Regel verliert; endlich auf die Erfindung einer Menge von Maschinen, welche die Arbeit erleichtern und abkürzen und einen einzelnen Arbeiter in den Stand setzen, das Werk von Vielen zu verrichten."

Obgleich diese Ursachen nun allerdings von Wichtigkeit sind und jede das ihrige zu dem Resultate beiträgt, so scheint es uns doch, daß die mittelst der Theilung der Arbeit bewirkte Wohlfeilheit der Waaren noch keineswegs vollständig erklärt ist, so lange man nicht das Folgende in Anschlag bringt:

Daß nachdem das ganze Fabrikationsverfahren in mehre Operationen getheilt ist, deren eine jede verschiedene Grade von Geschicklichkeit und Stärke erfordert, der Fabrikherr sich in den Stand gesetzt sieht, von beiden Eigenschaften genau so viel in Anspruch zu nehmen, als jeder Prozeß verlangt. Sollte dagegen ein einziger Arbeiter das Werk vollenden, so müßte er so viel Geschicklichkeit und so viel Kraft besitzen, daß er einerseits dem schwierigsten, und andrerseits dem mühsamsten der verschiedenen Prozesse gewachsen wäre.

Auf ein genaues Verstehen des eben angeführten Prinzips kommt es viel bei der aus der Theilung der Arbeit entstehenden Ersparniß an, und es dürfte daher zweckmäßig sein, deren bestimmte und numerische Wirkung an irgend einer speziellen Fabrikation nachzuweisen. Vielleicht hätte dazu die Nähnadelfabrikation gewählt werden sollen, indem dieselbe eine sehr große Reihe sehr von einander abweichender Prozesse in sich schließt. Indeß verdiente die minder schwierige Stecknadelfabrikation deshalb den Vorzug, weil sich derselben Adam Smith schon als Erläuterung bedient hat und der Umstand, daß wir eine sehr treue Beschreibung dieser Kunst, so wie sie vor mehr als 50 Jahren in Frankreich ausgeübt wurde, besitzen, hat uns zu der Wahl dieses Beispiels noch mehr bestimmt.

In England wird bei der Stecknadelfabrikation folgendes Verfahren angewendet:

1) Der zu den Stecknadeln angewendete Messingdraht wird in Ringen von ungefähr 22 Zoll Durchmesser und 36 Pfund Gewicht angekauft. Diese Ringe werden in kleinere von etwa 6 Zoll Durchmesser und 1 bis 2 Pfund Gewicht abgewunden.

Nun wird der Draht so lange durch Löcher in stählernen Zieheisen gezogen, bis daß er so dünn ist, als man ihn zu den Nadeln haben will. Durch das Ziehen wird der Draht gehärtet und damit er nicht breche, mehre Male, je nach der erfoderlichen Verdünnung, ausgeglüht.

Hierauf bringt man die Drahtgebinde in sehr verdünnte Schwefelsäure, um sie zu reinigen, und schlägt sie sodann auf einen Stein, damit das Oxyd, welches sich etwa hin und wieder angesetzt hat, entfernt werde.

Diese Arbeiten werden in der Regel von Männern verrichtet, welche in einem Tage 30 bis 36 Pfund durchziehen und reinigen und einen täglichen Verdienst von ungefähr $3^1/_2$ Schilling oder $1^1/_6$ Thlr. haben.

Ueber die Ausdehnung des Drahtes in den verschiedenen Löchern der Zieheisen hat Perronet mit einem Stück schwedischen Messingdraht einige Versuche angestellt und folgende Resultate erlangt:

Vor dem Durchziehen war das Stück lang	3	Fuß	6	Zoll.
Nachdem es durch das erste Loch gezogen worden war	5	„	5	„
Nachdem es durch das zweite Loch gezogen worden war	7	„	2	„
Nachdem es durch das dritte Loch gezogen worden war	7	„	8	„
Jetzt wurde der Draht geglüht und die Länge betrug, nachdem er durch das vierte Loch gezogen war	10	„	8	„
durch das fünfte	13	„	1	„
durch das sechste	16	„	8	„
und zuletzt, nachdem er noch durch 6 Löcher gegangen war	144	„	—	„

* Untersuchungen der Natur und Ursachen von Nationalreichthümern, übersetzt durch Garve, 3 Bde. 3. Aufl. Breslau 1810.

Digitized by Google

Die Löcher, durch welche der Draht bei diesem Versuch gezogen wurde, hatten nicht regelmäßig abnehmende Durchmesser; denn es hält sehr schwer, dergleichen Löcher darzustellen und ist noch schwieriger, sie in ihren ursprünglichen Dimensionen zu erhalten.

2) Die Drahtringe gehen nun in die Hände einer Frau über, der gewöhnlich noch ein Kind als Gehülfe beigegeben ist. An dem einen Ende einer hölzernen, etwa 20 Fuß langen Tafel (dem Richtholze), sind einige eiserne Stifte in nicht ganz gerader Linie eingeschlagen. Zwischen denselben wird das eine Ende des Drahtringes durchgeflochten und der Draht alsdann an's andere Ende des Tisches gezogen. Der Zweck bei dieser Operation ist, den durch die Gestalt der Ringe stark gebogenen Draht wieder gerade zu machen. Die so gestreckte Länge wird abgeschnitten und mit dem Rest des Ringes der Prozeß von neuem begonnen. Es sind zu diesem Richten des Drahts ungefähr 7 Stifte erfoderlich und sie genau an den richtigen Punkten anzubringen, ist eben nicht leicht. Es scheint, daß zunächst, indem man den Draht zwischen die ersten drei Stifte durchflechtet, ihm eine seiner bisherigen Biegung in den Ringen entgegengesetzte Richtung gegeben werde. Diese wird mittelst des Flechtens zwischen den zwei nächsten Stiften wieder in die erste Richtung, aber mit geringerer Krümmung zurückgeführt und so fort, bis daß die Curve des Drahtes zuletzt fast in eine gerade Linie verwandelt ist.

Nun faßt ein Mann ungefähr 300 von diesen gerade gestreckten Stücken in ein Bündel zusammen, steckt sie in ein hohles Maaß, das sogenannte Schaftmodell, und schneidet sie mittelst einer durch den Fuß in Bewegung gesetzten Scheere (der Schrotscheere) in sogenannte Enden, welche reichlich die Länge von 6 Nadeln haben, und fährt mit dieser Arbeit so lange fort, bis daß das ganze Bündel zerschnitten ist.

Die nächste Arbeit ist das Anspitzen der Enden. Dieß geschieht auf folgende Art: der Arbeiter sitzt vor dem sogenannten Spitzringe, einer scheibenförmigen Feile. Dieser hat gewöhnlich 5 Zoll im Durchmesser und 1¼ bis 2½ Zoll in der Breite und macht wenigstens 1000 Umdrehungen in der Minute. Man gebraucht einen Spitzring mit gröberem und einen andern mit feinerem Hieb, letzteren zur Vollendung. Der Arbeiter nimmt 20 bis 40 Drahtenden, breitet sie in einer Fläche zwischen beiden Daumen und Zeigefingern aus, legt sie an den Spitzring und giebt ihnen mittelst der Daumen eine drehende Bewegung um sich selbst, welche dadurch erleichtert wird, daß die Richtung der Drähte einen kleinen Winkel mit der Ebene des Spitzringes macht. Von beiden zugespitzten Enden schneidet man die Nadellängen ab, spitzt die bleibenden Stücke wieder zu und so fort.

Gewöhnlich wird der Arbeiter bei diesem Prozesse von einer Frau und von einem Kinde unterstützt; die täglich 34 bis 36½ Pfund Draht zuspitzen können, so daß ihr Verdienst täglich etwa 6½ bis 7 Schilling (2¼ bis 2½ Thaler) beträgt, wovon der Mann etwa 5½ Schilling (1 Thaler 20 Groschen), die Frau 1 Schilling (8 Groschen), das Kind ½ Schilling (4 Groschen) erhalten.

3) Die nächste Operation ist das Drehen und Schlagen der Köpfe oder Knöpfe. — Ein Knabe nimmt ein Stück Draht von derselben Stärke wie die Nadel, windet ihn über einen 2 bis 3 Fuß langen Draht von der Stärke der Nadelschäfte zu schraubenförmigen Röhrchen, welches mittelst eines einfachen Mechanismus geschieht, wie wir in der ersten Abtheilung des zweiten Theils von dem Werke näher sehen werden, zieht die Röhrchen von den Knopfspindeln ab und zerschneidet sie mit einer Scheere in kurze Stückchen, von denen jedes einen Nadelkopf giebt. Der Arbeiter, der die Spiralen zerschneidet und der Knabe, der sie drehet, können täglich, je nach der Größe, 6 bis 30 Pfund anfertigen und für das Pfund 3 Pence (2 Groschen) verdienen.

4) Es folgt nun das Anköpfen oder die Verbindung des Nadelschaftes mit dem Kopfe, welches mit der sogenannten Nadlerwippe, einem kleinen Fallwerk, geschieht, welches von Frauen oder Kindern regiert und bedient wird. Die Wippe hat einen feststehenden Unter- und einen beweglichen Oberstempel, die beide aus gehärtetem Stahl bestehen. Beide haben ein halbkugeliges Grübchen und der erstere noch eine, bis an den Rand der Stempelfläche reichende Kerbe. Die vor der Wippe sitzende Person nimmt einen Nadelschaft, fährt damit in eine Masse von Köpfen, spießt einen davon auf, hebt den Oberstempel mittelst des an der Wippe befindlichen Trittes 1 bis 2 Zoll hoch auf, legt die Nadel auf den Unterstempel, so daß der Kopf in die halbkugelförmige Vertiefung, der Schaft in die Kerbe zu liegen kommt. Durch wiederholtes Fallenlassen des beschwerten Oberstempels erhält der Kopf mehre Schläge, die runde Gestalt und wird an den Schaft befestigt. Ein geübter Arbeiter köpft täglich 10 bis 15000 Nadeln und verdient ¾ bis 1¼ Schilling (6 bis 10 Groschen).

5) Man siedet nun die bei der Bearbeitung mehr oder weniger angelaufenen und schwarz gewordenen Nadeln in einer Weinsteinauflösung oder in sehr verdünnter Schwefelsäure, wodurch sie blank werden, wäscht sie dann sehr sorgfältig in reinem Wasser und siedet sie dann weiß oder verzinnt sie auf dem nassen Wege, bei welchen Operationen wir uns hier nicht aufhalten wollen, da wir in der ersten Abtheilung des zweiten Theils darauf zurückkommen. Ein Verzinner kann mit einem Gehülfen täglich 9 Schilling oder 3 Thaler verdienen, wovon er diesem ein Drittel abgiebt.

6) Die meisten Nadeln werden reihenweise in Papier gesteckt, eingebriefst. Die nach allen Richtungen in hölzernen Gefäßen liegenden Nadeln werden auf einen Kamm gelegt, so daß beim Schütteln desselben ein Theil wieder in das Gefäß fallen, die andern aber mit ihren Köpfen zwischen den Zähnen des Kammes hängen bleiben. Sind sie so in paralleler Richtung aufgereihet, so wird die erforderliche Zahl zwischen zwei Stücke Eisen gelegt, die in gleichem Abstande 25 kleine Rinnen haben und nach vorherigem Zusammenlegen des Papiers wird dieses gegen die Spitzen der Nadeln gedrückt, bis sie durch die haltenden beiden Falze hindurchkommen. Darauf läßt man die Nadeln vom Griffe des Instruments und wiederholt den Prozeß. Eine Frau verdient täglich durch das Aufstecken 1¼ Schilling (12 Groschen), ein Kind 4 Groschen.

Nachdem nun die verschiedenen Operationen der Nadelfabrikation im Allgemeinen beschrieben und ihre durchschnittlichen Kosten angegeben sind, wird es zweckmäßig sein, eine

Digitized by Google

tabellarische Uebersicht der zu jedem Prozesse erforderlichen Zeit, seiner Kosten, so wie des Verdienstes für die Personen zu geben, welche lediglich einen oder den andern Prozeß ausführen. Da der Arbeitslohn selbst schwankend ist, die Preise und bearbeiteten Quantitäten aber nur zwischen gewissen Grenzen angegeben wurden, so kann man von dieser Tabelle keine ganz genaue Darstellung der Kosten jedes Theils der Arbeit und eben so wenig eine vollständige Uebereinstimmung mit den oben angeführten Löhnen erwarten. Jedoch ist sie mit hinreichender Sorgfalt ausgearbeitet, um den zu erläuternden theoretischen Sätzen zur Basis zu dienen. Dieser Tabelle folgt eine zweite ganz ähnliche, entworfen nach den Angaben Perronet's über die Nadelfabrikation in Frankreich vor etwa 70 Jahren.

Englische Fabrik.

Nadeln „Elfer" (elevens), 5546 aufs Pfund; „Dutzender" (one dozen) = 6932 wiegen 20 Unzen und erfordern 6 Unzen Papier.

Benennung der Operationen.	Arbeiter.	Zeit, um 1 Pfd. Nadeln anzufertigen. Stunden.	Kosten eines Pfundes Nadeln. Pence.	Täglicher Lohn des Arbeiters. Sch.	Pence.	Productionspreis eines jeden Theils einer Nadel in Millionentheilen eines Penny.
1) Drahtziehen .	Mann	0,3636	1,2500	3	3	225
2) Richten u. Anspitzen	Mann	0,3000	1,7750	5	3	319
	Frau	0,3000	0,2840	1	—	51
	kl. Mädch.	0,3000	0,1420	—	6	26
3) Winden und Schneiden der Köpfe	Knabe	0,0400	0,0147	—	4½	3
	Mann	0,0400	0,2103	5	4½	38
4) Anköpfen . . .	Frau	4,0000	5,0000	1	3	901
5) Verzinnen . .	Mann	0,1071	0,6666	6	—	121
	Frau	0,1071	0,3333	6	—	60
6) Einbriefen . .	Frau	2,1314	3,1973	1	6	576
		7,6892	12,8732			2320

Zahl der verwendeten Arbeiter: 4 Männer, 4 Frauen, 2 Kinder, zusammen 10 Personen.

Französische Fabrik.

Kosten von 12000 Nadeln Nr. 6, von denen jede 0,8 engl. Zoll Länge hat, fabricirt in Frankreich ums Jahr 1760, nebst den Kosten jeder Operation; aus den Bemerkungen und Angaben des Herrn Perronet.

Benennung der Prozesse und Materialien.	Zeit, um 12000 Nadeln anzufertigen. Stunden.	Productionskosten von 12000 Nadeln. Pence.	Gewöhnlicher Tagelohn des Arbeiters. Pence.	Kosten an Werkzeugen und Materialien. Pence.
1) Draht	—	—	—	24,75
2) Richten und Zerschneiden	1,2	0,5	4,5	—
3) Grobes Zuspitzen .	1,2	0,625	10,0	—
Raddrehen * . . .	1,2	0,875	7,0	—
Latus	3,6	2,		

* Die großen Kosten des Raddrehens scheinen daher gekommen zu sein, daß die hierzu benutzte Person die Hälfte der Zeit unbeschäftigt blieb, während der Zuspitzer eine andere Arbeit vornahm.

Benennung der Prozesse und Materialien.	Zeit, um 12000 Nadeln anzufertigen. Stunden.	Productionskosten von 12000 Nadeln. Pence.	Gewöhnlicher Tagelohn des Arbeiters. Pence.	Kosten an Werkzeugen und Materialien. Pence.
Transp.	3,6	2,		
Feines Zuspitzen .	0,8	0,5	9,375	—
Raddrehen	1,2	0,5	4,75	—
3) Abschneiden der zugespitzten Enden .	0,6	0,375	7,5	—
Spiraldrehen . . .	0,5	0,125	3,	—
Kopfabschneiden .	0,8	0,375	5,625	—
4) Brennmaterial, die Köpfe auszuglühen	—	—	—	0,125
5) Anköpfen	12,0	0,333	4,25	—
6) Weinstein zum Reinigen und Weißsieden	—	—	—	0,5
7) Einbriefen	4,	0,5	2,0	—
Papier	—	—	—	1,0
Abnutzung d. Werkzeuge	—	—	—	2,0
	23,5	2,708		

Aus einer Untersuchung der ersten Tabelle geht hervor, daß der tägliche Lohn der bei der Nadelfabrikation benutzten Arbeiter, von 4'/, Pence bis zu 6 Schilling variirt, eine Differenz, nach der man die zu den verschiedenen Beschäftigungen erforderliche Geschicklichkeit bestimmen kann. Nun ist es aber augenscheinlich, daß, wenn eine einzige Person das ganze Pfund Nadeln machen sollte, sie geschickt genug seyn müßte, täglich 5'/, Schilling zu verdienen, wenn sie den Draht spitzt, oder die Köpfe von den Spiralwindungen abschneidet, und 6 Schilling, wenn sie die Nadeln verzinnt. Diese drei Operationen nehmen aber wenig mehr, als den 17. Theil der Zeit des Arbeiters ein. Ferner ist klar, daß der Arbeiter in mehr als der Hälfte seiner Zeit nur 1'/, Schilling durch Aufsetzen der Köpfe verliert, während er doch geschickt genug ist, in dem nämlichen Zeitraum fast fünfmal so viel zu verdienen.

Aus der über die Nadelfabrikation gegebenen Analyse erhellt, daß etwas mehr als 7'/, Stunden Zeit für 10 verschiedene, nach einander an demselben Material arbeitende Individuen erforderlich sind, um dieses in ein Pfund Nadeln zu verwandeln, und daß die gesammten Kosten ihrer Arbeit, wobei Jeder nach Verhältniß seiner Geschicklichkeit und der angewandten Zeit bezahlt wird, nahe an 1 Schilling 1 Penny (8'/, Groschen) betragen. Benutzte man daher zu allen diesen Prozessen den Mann, welcher die Nadeln verzinnt, vorausgesetzt, daß er auch in eben so kurzer Zeit ein Pfund Nadeln liefern könnte, so müßte man ihm doch für seine Zeit 46,14 Pence oder etwa 3 Schilling 10 Pence (1 Thlr. 6'/, Groschen) bezahlen. Die Anfertigung der Nadeln würde demnach 3'/, Mal mehr kosten, als bei der Theilung der Arbeit der Fall ist.

Je bedeutender die, bei irgend einem Zweige der Fabrikation erforderliche Geschicklichkeit des Arbeiters und je kürzer die dazu nöthige Zeit ist, um so vortheilhafter wird

Digitized by Google

es sein, diesen Prozeß von den übrigen zu trennen und eine Person ganz allein damit zu beschäftigen. Hätten wir die Nähnadelfabrikation zum erläuternden Beispiel gewählt, so würde die aus der Theilung der Arbeit hervorgehende Ersparniß noch mehr in die Augen fallen; denn das Anlassen der Nähnadeln erfordert große Geschicklichkeit, Aufmerksamkeit und Erfahrung und obgleich 3 bis 4000 Stück zugleich angelassen werden, so wird der Arbeiter dennoch sehr hoch bezahlt. Bei einem andern Zweige der Nadelfabrikation, beim trocknen Zuspitzen, welches ebenfalls mit großer Schnelligkeit ausgeführt wird, beträgt der Tagelohn 7, 11, 15, ja selbst 20 Schilling, während andere Arbeiten von Kindern ausgeführt werden, die man mit etwa 6 Pence (4 Groschen) täglich bezahlt.

Ehe wir nun weitere Bemerkungen über die vorhergehende Analyse machen, wollen wir erst eine von einem Amerikaner erfundene Nadelmaschine kurz beschreiben. Die Vorrichtung ist sehr sinnreich und bietet in Hinsicht auf Ersparniß einen schlagenden und interessanten Gegensatz zur Verfertigung der Nadeln mit der Hand. Ein Ring Messingdraht, auf eine Are gebracht, wird von einem Walzenpaar durch ein kleines in einer Stahlplatte befindliches Loch getrieben und dort von einer Zange gefaßt. Nun wird die Maschine in Thätigkeit gesetzt:

1) Die Zange zieht den Draht bis zur Länge einer Nadel aus; ein schneidender Stahl steigt dann dicht an dem Loche herab, durch welches der Draht hereintritt und trennt das ausgezogene Stück.

2) Die das getrennte Stück fassende Zange bringt den Draht in die Mitte eines Futters an einer kleinen Drehbank, das sich zu seiner Aufnahme öffnet. Während sich nun die Zange umwendet, um ein zweites Stück Draht zu fassen, bewegt sich der Drehapparat schnell um und spitzt das vorstehende Ende des Drahtes an einer sich demselben nähernden Stahlscheibe.

3) Nach dieser ersten rohen Zuspitzung steht die Drehbank still und eine andere Zange nimmt die rohgespitzte Nadel auf (welche durch die Oeffnung des Futters sogleich losgelassen wird), und bringt sie in ein ähnliches Futter einer zweiten Drehbank, welche die Spitze an einer feiner gehauenen Drehscheibe vollendet.

4) Auch diese Scheibe hält nun still und eine andere Zange bringt die zugespitzte Nadel zwischen ein Paar starke stählerne Backen, welche eine kleine Rinne haben, in welcher die Nadel sehr fest gehalten wird. Ein Theil dieser Rinne, welcher an derjenigen Kante der Stahlbacken endet, wo der Kopf der Nadel gemacht werden soll, ist kegelförmig. Eine kleine runde Stahlpunze wird nun kräftig gegen das Ende des so eingeklammerten Drahtes getrieben und dadurch, so wie theilweise durch Einpressung des Drahtes in eine kegelförmige Höhlung, der Kopf gebildet.

5) Nun bringt wieder eine Zange die Nadel zwischen ein anderes Backenpaar und der Kopf wird durch den Schlag einer zweiten Punze vollendet, deren Spitze ein wenig concav ist. Jede Zange kehrt, sobald sie ihre Last abgegeben, wieder um und so befinden sich immer 5 Stücken Draht gleichzeitig in verschiedenen Stufen zu einer fertigen Stecknadel, die dann auf die gewöhnliche Weise verzinnt und eingebrieft wird.

Diese Maschine liefert in der Minute gegen 60 Nadeln; jeder Prozeß aber gebraucht genau gleich viel Zeit.

Um den Werth einer solchen Maschine im Vergleich zur Handarbeit zu beurtheilen, muß man Folgendes ausmitteln: 1) Die Fehler, denen auf diese Weise verfertigte Nadeln unterworfen sind. 2) Ihre etwaigen Vorzüge gegen die auf gewöhnliche Weise fabricirten 3) Die ursprünglichen Kosten der Maschine. 4) Die Kosten ihrer Ausbesserung. 5) Die Kosten der Bewegung und Abwartung der Maschine.

Die Maschinennadeln biegen sich leichter, weil der Draht weich sein muß, um den Kopf aus demselben schlagen zu können.

Die Maschinennadeln sind besser als die gewöhnlichen, weil sie die Köpfe nicht verlieren können.

Der Preis der Maschinen wird durch die Anfertigung einer größern Anzahl derselben sehr herabgesetzt werden.

Ueber die Abnutzung der Maschine kann nur die Erfahrung entscheiden; doch ist zu bemerken, daß die stählernen Backen oder Würfel sich leicht abnutzen, wenn der Draht nicht durch Glühen weich gemacht worden ist und daß dagegen im letztern Falle die Nadeln sich zu leicht biegen. Diesem Nachtheile kann man indessen begegnen, entweder indem man die Maschine die Köpfe spinnen und ansetzen läßt, oder nur das Kopfende des Drahtes glüht, was jedoch eine Unterbrechung in den Operationen bewirken würde, weil das Messing, wenn es erhitzt, zu zerbrechlich ist, um einen Schlag auszuhalten, ohne zu zerbröckeln.

Vergleicht man die Zeit, welche die Maschine bedarf, mit der in der Tabelle angegebenen, so findet man, daß die menschliche Hand, mit Ausnahme beim Anköpfen, immer schneller ist. Die Maschine spitzt in einer Stunde 3600 Nadeln, während ein Mann in derselben Zeit 15600 spitzen kann. Dagegen verrichtet die Maschine den Prozeß des Anköpfens 2½ Mal schneller, als der Arbeiter. Jedoch muß bemerkt werden, daß das Schleifen auf der Maschine nicht den Aufwand der Kraft eines Mannes erfordert; denn die Maschine verrichtet sämmtliche Prozesse gleichzeitig und ein einziger Arbeiter reicht zu ihrer Abwartung hin.

Wir haben bereits weiter oben erwähnt, daß die Theilung der Arbeit, so paradox dieß auch einigen unserer Leser erscheinen möchte, sich mit gleichem Erfolge und gleicher Zeitersparniß auf geistige Operationen anwenden lasse. Eine kurze Angabe von der praktischen Anwendung dieses Mittels auf die umfassendsten Reihen von Berechnungen, die jemals ausgeführt worden, wird die Thatsache auf eine interessante Weise erläutern und zugleich zeigen, daß die zur Regulirung des innern Haushalts einer Fabrik nöthigen Anordnungen auf tiefer wurzelnden Grundsätzen beruhen, als man geglaubt haben mag, und daß sie dazu dienen könnten, den höchsten Forschungen des menschlichen Geistes den Weg zu bahnen.

Mitten in der Aufregung, welche die französische Revolution und die ihr folgenden Kriege hervorbrachten, war der Ehrgeiz der Nation, durch die verhängnißvolle Leidenschaft für kriegerische Entwürfe noch nicht erschöpft, auch auf edlere und dauerndere Triumphe gerichtet, welche die Aera der Größe eines Volkes bezeichnen und den Beifall der Nachwelt auch dann noch empfangen, wenn Erob.run-

Digitized by Google

gen ihnen längst wieder entrissen sind, ja wenn selbst die Existenz eines solchen Volks nur noch in den Büchern der Geschichte anzutreffen ist.

Unter andern wissenschaftlichen Unternehmungen verlangte die französische Regierung auch die Ausarbeitung einer Reihe mathematischer Tafeln zur leichtern Anwendung des kurz zuvor angenommenen Decimalsystems. Sie veranlaßte deßhalb die Mathematiker Frankreichs, „das größte und imposanteste Denkmal des Calcüls, was jemals ausgeführt, oder nur erdacht worden," aufzustellen.

Die ausgezeichnetsten Mathematiker Frankreichs erfanden, den Anforderungen ihrer Regierung vollkommen entsprechend, für diese mühsame Aufgabe neue Methoden, und es entstand in einem bemerkenswerth kurzen Zeitraume ein sehr ausgezeichnetes Werk.

Hr. v. Prony, dem die Oberaufsicht über dieß große Unternehmen übertragen worden war, bemerkt darüber Folgendes: „Ich gab mich demselben mit allem Eifer, dessen ich fähig war, hin, und beschäftigte mich zuerst mit dem allgemeinen Entwurfe zur Ausführung der Arbeit. Die zu erfüllenden Bedingungen erforderten die Benutzung einer großen Anzahl von Rechnern und darum kam ich bald darauf, mich bei Aufstellung der Tabellen der Theilung der Arbeit zu bedienen, von der die Gewerbe einen so ausnehmenden Vortheil ziehen, indem sie Vollkommenheit der Handarbeit mit Zeit- und Kostenersparniß verbinden."

Die frühern Methoden bei Berechnung von Tafeln waren bei dieser Prozedur fast gänzlich unbrauchbar. Hr. v. Prony wünschte daher, sich alle Talente seines Vaterlandes zu Nutze zu machen, und bildete demnach die erste Section Derer, welche an dem Unternehmen Theil nehmen sollten, aus fünf bis sechs der ausgezeichnetsten Mathematiker Frankreichs.

Erste Section. — Dieselbe hatte zur Aufgabe, unter den verschiedenen analytischen Ausdrücken für eine und dieselbe Function denjenigen aufzusuchen, welcher durch verschiedene zu gleicher Zeit angestellte Individuen am schnellsten auf einfache numerische Rechnung übertragen werden konnte. Diese Section hatte wenig oder gar nichts mit der wirklichen Zahlenarbeit zu thun. Sobald ihre Arbeiten vollendet waren, wurden die Formeln, für deren Gebrauch sie sich entschieden hatte, der

Zweiten Section übergeben. Dieselbe bestand aus sieben bis acht tüchtigen Mathematikern, deren Arbeit es war, die von der ersten Section ihnen übergebenen Formeln in Zahlen zu setzen; eine sehr mühsame Operation, nach deren Beendigung diese Formeln der dritten Section übergeben wurden, von der die zweite die beendigten Rechnungen wieder erhielt. Die Mitglieder dieser zweiten Section hatten gewisse Mittel zur Verifizirung der Rechnungen, ohne daß es nöthig war, die ganze Arbeit der dritten Section nochmals zu wiederholen, oder auch nur zu untersuchen.

Dritte Section. — Die Mitglieder derselben, an Zahl zwischen 60 und 80, erhielten von der zweiten Section gewisse Zahlen und brachten derselben die durch bloße Additionen und Subtractionen beendigten Tabellen zurück. Bemerkenswerth ist es, daß neun Zehntel dieser Klasse nur diese beiden Rechnungsarten kannten, zu deren Anwendung

sie angestellt waren, und daß man gewöhnlich die Berechnungen dieser Leute genauer fand, als die derjenigen, welche ausgebreitetere Kenntnisse in der Arithmetik besaßen.

Man kann sich einen Begriff von dem Umfange der Arbeit machen, wenn man bemerkt, daß die Tabellen 17 große Foliobände umfassen.

Die erste Klasse hatte bei den Arbeiten der dritten, welche man völlig mechanisch nennen kann, da sie die geringsten Kenntnisse und fast die größte Arbeit erforderten, durchaus nichts zu thun. Dergleichen Arbeiten kann man stets wohlfeil erkaufen. Die Arbeiten der zweiten Klasse, welche eine bedeutende Geschicklichkeit in arithmetischen Operationen erforderten, wurden einigermaßen durch das natürliche Interesse erleichtert, welches schwierige Operationen stets erregen.

Die Arbeiten der ersten Klasse werden bei einer künftigen Gelegenheit nicht so viel Geschicklichkeit und Mühe erfordern, als zu einer Zeit, wo der erste Versuch gemacht wurde, eine solche Methode einzuführen. Wenn jedoch durch die Vervollkommnung der Rechnenmaschine ein Substitut für die dritte Section gefunden sein wird, so dürfte sich die Aufmerksamkeit der Analytiker auf eine neue Erörterung der Methode richten, wodurch analytische Formeln in Zahlen verwandelt werden, welches natürlich auf die Vereinfachung des Gebrauchs der Maschine einen bedeutenden Einfluß ausüben muß.

Das Verfahren des Hrn. v. Prony bei diesem berühmten Rechnungssysteme gleicht ganz außerordentlich demjenigen eines geschickten Mannes bei Erbauung einer Baumwollen- oder Seidenspinnerei, oder irgend einer ähnlichen Anstalt. Wenn dieser nämlich mit eigener Erfindungskraft oder mit Freundeshülfe gefunden hat, daß eine verbesserte Maschinerie mit Erfolg für seinen Zweck benutzt werden kann, so entwirft er Zeichnungen und vertritt so die Stelle der ersten Section. Sodann bilden Maschinenbauer, welche die entworfene Maschinerie ausbilden und die Beschaffenheit der damit zu bewirkenden Prozesse zu erkennen vermögen, die zweite Section. Ist nun eine hinreichende Anzahl von Maschinen erbaut, so werden eine gewisse Menge anderer weniger geschickter Personen gebraucht, sie in Thätigkeit zu setzen. Sie bilden die dritte Section, über deren Arbeiten aber, wie über den richtigen Gang der Maschinen, von der zweiten die Aufsicht geführt wird.

Um die Möglichkeit, arithmetische Prozesse durch Rechnenmaschinen auszuführen, auch Nichtmathematikern, welche dieselbe als eine übertriebene Forderung ansehen möchten, deutlich zu machen, wollen wir mit wenigen Worten eine Uebersicht dieses, in das Gebiet der Theilung der Arbeit gehörenden Gegenstandes geben, und einen kleinen Theil des Schleiers lüften, der dieses scheinbare Mysterium verhüllt.

Das allgemeine Prinzip: daß fast alle Reihen von Zahlen, welche ein, noch so verwickeltes, Gesetz befolgen, in geringerer oder größerer Ausdehnung ganz allein durch eine eigenthümliche Anordnung aufeinander folgender Additionen und Subtractionen der Zahlen, die jeder Tabelle zukommen, gebildet werden können, kann nur Mathematikern bewiesen werden; dagegen wird auch dem Nichtmathematiker die Möglichkeit desselben aus folgendem Beispiel einleuchten.

Digitized by Google

Betrachten wir die folgende Tafel:

Stellenzahlen.	Tafel.	1. Differenz.	2. Differenz.
1	1		
2	4	3	2
3	9	5	2
4	16	7	2
5	25	9	2
6	36	11	2
7	49	13	

Sie bildet die Grundlage einer sehr allgemein gebräuchlichen Tafel, die in vielen Ländern wiederholt gedruckt und abgedruckt worden, und heißt Tafel der Quadratzahlen. Man erhält jede Zahl der Tafel, indem man die zugehörige Stellenzahl, welche ihren Abstand vom Anfange der Tafel bezeichnet, mit sich selbst multiplicirt; so ist z. B. 25 das fünfte Glied von oben und 5 mal 5 ist 25. Zieht man nun jedes dieser Glieder von dem nächstfolgenden ab, so erhält man die Reihe der ersten Differenzen. Wenn man ferner jedes Glied dieser ersten Differenzreihe von dem nächstfolgenden abzieht, so ergiebt sich die constante Differenz 2, und wer sich die Mühe giebt, die Tafel einige Glieder weiter zu führen, wird sehen, daß sich dieselbe Zahl in dieser Colonne, welche wir die zweite Differenz nennen, immer wiederholt. Dieß als feststehend vorausgesetzt, ist es klar, daß, wenn das erste Glied (1) der Tafel, das erste Glied (3) der ersten Differenz und das erste Glied (2) der zweiten oder constanten Differenz ursprünglich gegeben ist, man die Tafel der Quadratzahlen durch einfache Addition immer weiter fortführen kann; denn die Reihe der ersten Differenz wird durch wiederholte Addition der constanten Differenz (2) zu der ersten Zahl (3) gebildet, woraus nothwendig die Reihe der ungeraden Zahlen 3, 5, 7 ꝛc. hervorgeht, und indem man nun diese wieder nach einander zu der ersten Zahl (1) der Tafel addirt, erhält man die Quadrate.

Nachdem auf diese Weise einiges Licht auf den theoretischen Theil geworfen worden ist, wollen wir nun zu zeigen versuchen, daß die mechanische Ausführung einer Maschine, welche die Reihen von Zahlen produciren soll, nicht so weit, als man glauben könnte, von einer gewöhnlichen Maschinerie entfernt ist. Man denke sich, daß drei Uhren neben einander auf einem Tische stehen, von denen jede nur einen Zeiger hat und deren Zifferblätter, statt in 12 Stunden, in tausend Theile eingetheilt sind, und jedesmal, wenn an einer Schnur gezogen wird, schlagen dieselben auf einer Glocke die Zahl der Theile an, auf welche ihr Zeiger hinweist. Man stelle sich ferner vor, daß zwei dieser Uhren, zum Unterschiede B und C genannt, einen Mechanismus haben, durch welchen die Uhr C den Zeiger der Uhr B bei jedem Schlage der Glocke von C um einen Theil vorrücke, und daß B bei jedem Schlage seiner Glocke durch eine ähnliche Vorrichtung den Zeiger von A um einen Theil vorrücke. Es ist nun der Zeiger der Uhr A auf Theil II, der von B auf III und der von C auf I gesetzt und man denke sich, daß die Repitirwerke der Uhren stets in folgender Ordnung in Bewegung gesetzt werden: nämlich der Zug von C, der Zug B, der Zug A.

	Die Uhr C steht auf I.	Erste Differenz. Uhr B steht auf III.	Zweite Differenz. Uhr A steht auf II.
Zug von C . .	. Schlägt eins.		
Zug von B . .	Der Zeiger ist um 3 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 4	. Schlägt drei.	
Zug von A . .	. . . . .	Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 5	Schlägt zwei.
Zug von C . .	. Schlägt vier.		
Zug von B . .	Der Zeiger ist um 5 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 9	. Schlägt fünf.	
Zug von A . .	. . . . .	Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 7	Schlägt zwei.
Zug von C . .	. Schlägt neun.		
Zug von B . .	Der Zeiger ist um 7 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 16	. Schlägt sieben.	
Zug von A . .	. . . . .	Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 9	Schlägt zwei.
Zug von C . .	. Schlägt sechszehn.		
Zug von B . .	Der Zeiger ist um 9 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 25	. Schlägt neun.	
Zug von A . .	. . . . .	Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 11	Schlägt zwei.
Zug von C . .	. Schlägt fünfundzwanzig.		
Zug von B . .	Der Zeiger ist um 11 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 36	. Schlägt eilf.	
Zug von A . .	. . . . .	Der Zeiger ist um 2 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 13	Schlägt zwei.
Zug von C . .	. Schlägt sechsunddreißig.		
Zug von B . .	Der Zeiger ist um 13 Theile vorgerückt und die Glocke schlägt 49	. Schlägt dreizehn.	
Zug von A . .			
u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.	u. s. w.

Digitized by Google

Werden nun diese angeschlagenen oder durch die Uhr C angezeigten Abtheilungen angemerkt und niedergeschrieben, so wird man finden, daß sie die Reihen der Quadrate der natürlichen Zahlen angeben. Eine solche Reihe könnte durch diesen Mechanismus natürlich nur bis auf Zahlen, die sich durch drei Ziffern ausdrücken lassen, fortgeführt werden; jedoch mag dieß hinreichen, um eine Idee von der Construction zu geben, nach der auch wirklich die ersten Modelle der, nun von dem Verfasser dieses einleitenden Theils von dem Werke, Prof. Babbage, in vollkommnerer Gestalt dargestellten Rechnenmaschine ausgeführt wurden.

Wir haben demnach gesehen, daß die Theilung der Arbeit bei mechanischen wie bei geistigen Arbeiten darin besteht, daß man nur genau so viel Geschicklichkeit und Kenntniß zu erkaufen und anzuwenden braucht, als zu jedem Prozesse nöthig ist. Wenn ein Mann durch seine Fertigkeit im Anlassen der Nähnadeln 8 bis 10 Schilling täglich verdienen kann, so vermeidet man es durch Theilung der Arbeit, irgend einen Theil seiner Zeit zum Drehen eines Rades zu benutzen, was für einen halben Schilling täglich gethan werden kann. Ebenso vermeidet man den Verlust, der aus der Benutzung eines tüchtigen Mathematikers zur Ausführug der gewöhnlichsten Rechnungsoperationen entstehen würde.

Die Ausdehnung, bis zu welcher die Theilung der Arbeit getrieben werden kann, scheint nicht unbegränzt zu sein. Wir haben bereits im ersten Kapitel einen Fall angeführt, daß bei der Anfertigung der Schnürbandspitzen durch Vereinigung zweier Prozesse zu einer Operation Zeit erspart werde. Die Theilung der Arbeit kann nicht eher mit Erfolg angewendet werden, bis daß eine große Nachfrage nach den Producten vorhanden ist; auch erfordert sie die Anlage eines großen Capitals in den Gewerben, in denen sie angewendet wird.

Von der Grösse der Fabriken.

Bei der weiter oben mitgetheilten Analyse * von der Stecknadelfabrikation ergab sich, daß bei derselben 10 Individuen angewendet werden, und angenommen, daß diese Einrichtung so sei, daß jeder der dort beschriebenen Prozesse gleiche Zeit erfordere, ist es einleuchtend, daß, um die Nadelfabrikation einträglich zu machen, die Zahl der angestellten Arbeiter ein Multiplum von 10 sein muß. Denn wenn Jemand nur so viel Kapital hat, um die Hälfte dieser Anzahl anstellen zu können, so kann jeder Einzelne von dem Arbeiterpersonal nicht stets bei einer und derselben Arbeit bleiben, und es wird bei jeder Anzahl, die unter dem Multiplum von 10 ist, ein ähnliches Ergebniß in Bezug auf einen oder den andern Prozeß eintreten.

Dasselbe gilt von allen Fabriken, die auf das Prinzip der Theilung der Arbeit gegründet sind, und es führt

* Wir müssen jedoch bemerken, daß die erwähnte Analyse nur eine annähernde ist und daß es wenig Fabriken giebt, in denen jeder Arbeiter zu allen Zeiten vollkommen beschäftigt ist, obgleich diesen Zweck alle zu erreichen suchen. Wir haben ein einzelnes Beispiel gegeben, weil dieß am ersten geeignet ist, die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen wünschen aber, daß unsere Leser sich dem Ganzen zuwenden mögen.

dieß zu dem allgemeinen Schlusse: Wenn (je nach der besondern Beschaffenheit der Production einer Fabrik) die Zahl der Prozesse, worin man dieselbe am vortheilhaftesten abtheilen kann, und die Zahl der anzustellenden Individuen festgesetzt ist, so werden alle Fabriken, die nicht ein directes Multiplum der letztern Zahl beschäftigen, den Artikel mit größeren Kosten produciren.

Dieß ist eine von den Ursachen des großen Umfanges der Fabriken, welche mit dem Fortschreiten der Civilisation immer mehr zugenommen haben.

Doch tragen auch andere Umstände zu dem nämlichen Zwecke bei, indem sie auch aus der nämlichen Ursache entspringen. Das Material, aus welchem der fabricirte Gegenstand dargestellt worden ist, muß während der verschiedenen Stadien seiner Fabrikation von einem zu dem andern Arbeiter gebracht werden, welches stets mit den wenigsten Kosten verbunden ist, wenn sie in derselben Anstalt arbeiten. Hat das Material ein großes Gewicht, so gebietet es die Nothwendigkeit, daß alle Prozesse in demselben Gebäude vor sich gehen; aber auch bei leichtern Gegenständen ist dieß wünschenswerth, da aus dem häufigen Umhertragen Gefahr entstehen kann. Es ist dies z. B. beim Schneiden und Poliren des Glases der Fall, wogegen bei der Verfertigung der Nadeln einige Prozesse in der Wohnung des Arbeiters ausgeführt werden können. Eine solche Fabrikationsmethode, welche für die Familie des Arbeiters einige Vortheile hat, kann jedoch nur dann ausgeführt werden, wenn sich schnell und zuverlässig ermitteln läßt, ob die Arbeit gut und alles gelieferte Material angewendet worden sei.

Je mehr Absatz ein Artikel findet, um so größer ist die Anregung, ihn mit Maschinen zu produciren, und die Einführung derselben bewirkt andrerseits eine Vermehrung des Productionsquantums und hat die Errichtung großer Fabriken zur Folge.

Eine Erläuterung dieser Prinzipien findet sich in der Geschichte der Fabrikation des Bobbinnet. Die ersten Maschinen zum Weben dieses Artikels waren sehr theuer, indem sie 1000 bis 1300 Pfund Sterling kosteten. Der Besitzer einer solchen Maschine konnte bei achtstündiger Tagearbeit und unerachtet, daß das Productionsquantum weit größer war, mit der alten Methode noch nicht concurriren, weil er ein zu großes Kapital in die Maschine stecken mußte. Jedoch sah er bald ein, daß er mit denselben Anlagen und mit einem geringen Zuschuß zu dem Betriebskapitale mit der Maschine die vollen 24 Stunden hindurch arbeiten könne.

Die auf diese Weise erlangten Vortheile veranlaßten Einige, ihre Aufmerksamkeit auf Verbesserung der Maschinen zu richten, wodurch der Preis des Fabrikats bedeutend herabging, während zu gleicher Zeit die Schnelligkeit der Production bedeutend zunahm. Sollen aber Maschinen fortwährend arbeiten, so ist es nöthig, eine Person anzustellen, um die sich ablösenden Arbeiter zuzulassen, es mögen dieselben nun aus wenigen oder aus zwanzig Individuen bestehen. Auch wird es bisweilen nöthig, sein die Maschine wieder in Ordnung zu bringen oder auszubessern,

Digitized by Google

welches ein Maschinenbauer besser, als der die Maschine bedienende Arbeiter, verrichten kann. Da nun der richtige Gang und die Dauer einer Maschine größtentheils von der Verbesserung jedes Fehlers und jeder Unvollkommenheit, sobald sie nur bemerkt werden, abhängen, wird die schnelle Aufmerksamkeit eines zur Stelle seienden Maschinenmeisters die aus der Abnutzung der Maschine entstehenden Kosten sehr vermindern. Eine einzelne Bobbinnetmaschine würde aber eine solche Ausgabe nicht decken und hierin liegt ein anderer Grund zur Erweiterung einer Fabrik, indem sie aus einer hinreichenden Anzahl von Maschinen bestehen muß, um einen Arbeiter, der diese in Ordnung erhält, vollkommen zu beschäftigen. In Folge dieses ökonomischen Prinzips muß also die Anzahl der Maschinen stets im Verhältniß der sie beaufsichtigenden Maschinisten stehen.

Besteht ein Theil der Beschäftigung des Arbeiters in der Ausübung physischer Kraft, wie bei der Weberei und bei vielen ähnlichen Gewerben, so muß der Fabrikant bald auf die Idee gerathen, daß, wenn der Webestuhl oder die Bobbinnetmaschine durch eine Dampfmaschine getrieben würden, ein Mann zwei, drei oder noch mehr Stühle zu gleicher Zeit abwarten könne, und da wir ferner angenommen haben, daß ein oder mehre Maschinisten angestellt worden, so muß die Zahl der Stühle so eingerichtet werden, daß die Zeit dieser Arbeiter durch Beaufsichtigung jener und der Dampfmaschine vollständig ausgefüllt wird. Eine der ersten Wirkungen wird die sein, daß die Stühle durch die Maschine fast zweimal so schnell als vorher in Bewegung gesetzt werden, und da jeder Arbeiter, wenn er der körperlichen Anstrengung enthoben, zwei Stühle zu versehen im Stande ist, so kann nun Einer so viel weben als früher Vier. Diese Zunahme der producirenden Kraft ist jedoch größer als das, welches wirklich zuerst eintrat, weil die Schnelligkeit einiger Theile des Webestuhls durch die Spannung des Fadens und die Lebhaftigkeit, mit welcher die Bewegung beginnt, beschränkt war. Diesem wurde bald dadurch abgeholfen, daß man die Bewegung langsam anfangen und stufenweis steigen ließ, so z. B. von **100** bis zu **120** Stößen in der Minute. In Folge dieser nämlichen Grundsätze wird die Fabrik nach und nach so erweitert, daß die Beleuchtungskosten bei Nacht zu einer beträchtlichen Summe steigen, und da einige von den Fabrikarbeitern die ganze Nacht wachen und daher gehörig darauf achten können, auch Maschinisten zur Anfertigung und Ausbesserung von Maschinen da sind, so führt die Einrichtung eines Gaserleuchtungsapparats zu neuer Ausdehnung und trägt zugleich durch Verminderung der Erleuchtungskosten und der Feuersgefahr zur Verminderung der Productionskosten bei.

Schon lange vorher, ehe eine Fabrik diese Ausdehnung erlangt hat, wird man die Errichtung eines Comptoirs nöthig befunden und auch Commis zum Lohnen, so wie zur Beaufsichtigung der Arbeiter, besonders in den zu dem Antritt ihrer Arbeitszeit bestimmten Stunden, angestellt haben. In unmittelbarer Verbindung mit dem Comptoir müssen Agenten stehen, welche das rohe Material herbeischaffen und für den Absatz der Fabrikate sorgen.

Es würde sehr wichtig sein, in jeder großen Fabrik eine solche Bezahlungsmethode einzuführen, daß jeder einzelne Arbeiter an den Vortheilen des Ganzen Theil nehmen könnte und daß der Gewinn des Individuums mit dem Gewinn der Fabrik stiege, ohne daß es erforderlich wäre, irgend eine Veränderung in den einmal accordirten Löhnen zu machen. Es ist eine solche Einrichtung durchaus nicht leicht zu machen, zumal bei derjenigen Arbeiterklasse, deren Tagewerk ihr das tägliche Brod verschafft. Das bei dem Betriebe der Cornwalliser Bergwerke befolgte Verfahren genügt zwar nicht vollständig diesen Bedingungen, doch besitzt es Vortheile, welche der Beachtung werth sind, da sie dem obigen Prinzip sehr nahe kommen und dahin abzwecken, die Fähigkeiten aller Arbeiter in vollem Maaß wirksam zu machen.

Ueber fast alle Arbeiten, sowohl unter als über Tage, macht man Contracte oder Gedinge. Die Art und Weise, wie dieselben gemacht werden, ist ohngefähr folgende: Am Ende von jeden zwei Monaten werden die Arbeiten, deren Ausführung für den nächsten Zeitraum beschlossen sind, genau bezeichnet. Die Gedinge sind dreifacher Art: 1) Maaßgedinge (Jutwork engl.) für das Absinken von Schächten, Treiben von Stollen und Strecken ꝛc. Dieß wird nach Fathoms oder Klaftern (à 6 Fuß) in die Tiefe, oder in die Länge, oder nach Kubikklaftern bezahlt. 2) Erzgedinge (Tribute), d. h. Bezahlung für Gewinnung und Förderung der Erze, vermittelst eines bestimmten Theils seines Werthes, nachdem es als verkäufliche Waare, d. h. als von den Schmelzhütten zu gebrauchen, hergestellt ist. Diese Art der Bezahlung ist es, welche so bewunderungswürdige Resultate giebt. Wenn die Bergleute nach Maaßgabe des Reichthums der Lagerstätte und nach der Menge des auf derselben gewonnenen Metalles bezahlt werden, so schärft sich natürlich ihr Blick für die Entdeckung des Erzes und die Schätzung seines Werthes, und ihr Interesse erfordert, daß sie sich jeder Verbesserung bemeistern, welche das Erz wohlfeiler auf den Markt bringen kann. 3) Aufbereitung. Die Erzgedinghalter, welche das Erz gewinnen und aufbereiten, sind selten im Stande, die gröbern Theile des Gewonnenen zu dem vertragsmäßigen Preise aufzubereiten, weshalb sie es andern Arbeitern überlassen.

Nachdem es mehre Tage zuvor bekannt gemacht worden ist, daß diese oder jene Erzmasse, oder diese oder jene Gesteinsarbeit in Verding gegeben werden soll, wird von dem ersten Grubenbeamten eine Art von Versteigerung gehalten, bei welcher verschiedene Arbeitertruppen, nachdem sie vorher schon die zu verdingenden Arbeiten angesehen haben, darauf bieten. Das Gedinge wird dann dem überlassen, der das niedrigste Gebot gethan und dieser lohnt es selten zu dem gestellten Satze ab.

Das Erzgedinge ist eine gewisse Summe auf je zwanzig Schilling Werth des gewonnenen Erzes und kann von ½ bis zu **14** oder **15** Schilling differiren. Die Größe des Verdienstes beim Erzgedinge ist sehr unbestimmt; wird ein Gang, der beim ersten Anhieb arm war, reich, so verdienen die Arbeiter sehr rasch Geld und es gab Fälle, in denen jeder Bergmann einer zusammenarbeitenden Cameradschaft in den zwei Monaten **400** Pf. Sterl. verdiente. Diese außerordentlichen Fälle gewähren den Grubenbesitzern vielleicht größere Vortheile, als selbst den Arbeitern; denn indem deren Geschicklichkeit und Betriebsamkeit stark ange-

Digitized by Google

feuert werden, zieht der Eigenthümer stets größern Gewinn von dem reichern Ertrage des Ganges.*

Von den Wirkungen grosser, bei dem Fabrikwesen angewendeten Kapitalien.

Wir haben gesehen, daß die Theilung der Arbeit eine wohlfeilere Production herbeiführt, daß die Producte auf diese Weise die Nachfrage vermehren und nach und nach Concurrenz, oder die Hoffnung wachsenden Gewinnes, Veranlassung wird, große Kapitalien in ausgedehnten Fabriken anzulegen. Betrachten wir nun den Einfluß dieser Vermehrung des Kapitals in einer einzelnen Beziehung. Erstens wird es dadurch möglich, das wichtigste Prinzip, worauf die Vorzüge der Theilung der Arbeit beruhen, bis zur äußersten Grenze zu verfolgen; denn es kann nun nicht allein für die Ausführung jedes Prozesses, sondern auch für jedes Stadium, vom rohen Material bis zur vollendeten Arbeit, die in die Hände der Consumenten übergeht, der genaue Betrag der erforderlichen Geschicklichkeit erkauft werden. Die Menge der, durch eine gegebene Anzahl von Arbeitern producirten Waare, vergrößert sich bedeutend durch Ausdehnung dieses Prinzips und hieraus entspringt natürlich ein, im entsprechenden Verhältniß verminderter Preis des Fabrikats.

In mehren großen Fabriken werden Substanzen angewendet, welche die Producte entfernter Gegenden und die in einigen wenigen Beispielen nur gewissen Orten eigenthümlich sind. Die Auffindung jedes neuen, reichlichen Vorkommens ist eine sehr wichtige Sache für jede Fabrik, welche eine ausgedehnte Anwendung davon macht, und man hat Beispiele, daß die Kosten, welche es verursachte, Leute in entfernte Gegenden in der Absicht zu senden, sich von dem Vorkommen zu überzeugen und solche Producte zu sammeln, sehr reichlich ersetzt worden ist. So sind denn die mit Eis und Schnee bedeckten Gebirge Norwegens und Schwedens, so gut als die wärmern Berge der Insel Corsika, durch Leute, die von einer der größten englischen Kattundruckereien dahin gesandt worden sind, fast gänzlich eines ihrer vegetabilischen Producte beraubt worden.

Unter den Ursachen, welche auf die wohlfeilere Erzeugung eines Artikels hinwirken und die mit der Anlage größerer Kapitale verbunden sind, ist ferner die anzuführen, daß dadurch auch die Benutzung des geringsten Theils von dem rohen Material möglich wird. Die Berücksichtigung dieses Umstandes veranlaßt zuweilen die Vereinigung zweier Gewerbe in einer Fabrik, obgleich sie sonst wohl getrennt geblieben wären. Die Menge von Arbeiten, zu denen man das Horn verwendet, bietet ein schlagendes Beispiel dieser Art von Fabrikenhaushalt dar. Der Gerber, welcher die rohen Häute gekauft hat, lößt die Hörner ab und verkauft sie an den Kamm- und Laternenmacher. Das Horn besteht aus zwei Theilen, einem äußern hornigen Ueberzuge und einer innern kegelförmigen Masse, die fast zwischen verhärtetem Haar und Knochen in der Mitte steht.

* Genaue Nachrichten über den Bergwerksbetrieb in Cornwall findet man in dem Supplement- oder 4. Bde. meiner Bearbeitung von Billefosse Mineralreichthum. Weimar 1837.

Zuvörderst werden nun beide Theile durch einen Schlag gegen einen Holzblock getrennt.

Die hornartige Rinde wird dann mit einer Gestellsäge in drei Theile zerschnitten.

1) Aus dem untersten, der Wurzel des Horns zunächst gelegenen Stücke werden, nach mehren vorläufigen Prozessen, Kämme gearbeitet.

2) Der mittlere Theil wird, nachdem er in der Hitze erweicht und mit Oel durchsichtiger gemacht worden, in dünne Platten zerspalten und bildet einen Ersatz für Glas in ganz gewöhnlichen Laternen.

3) Die Spitze wird zu Messer- und Peitschengriffen und ähnlichen Zwecken verarbeitet.

4) Das Innere oder der Kern des Horns wird in Wasser gekocht; eine große Menge Fett tritt an die Oberfläche, welches der Seifensieder zu gelber Seife benutzt.

5) Die Flüssigkeit selbst wird als eine Art Leim, bei dem Appretiren des Tuchs, zum Steifen benutzt.

6) Die übrigbleibende Substanz kommt zur Knochenmühle und dient als Dünger.

Außer diesen verschiedenen Zwecken, zu denen die verschiedenen Theile des Horns benutzt werden, wendet man auch die beim Kammmachen abfallenden Splitter als Dünger an. Im ersten Jahre, nachdem sie über dem Boden ausgebreitet worden sind, düngen sie nur wenig, aber während der folgenden 4 bis 5 Jahre sind sie um so wirksamer. Die Abschabsel des Laternenmachers sind viel dünner; einige werden in Figuren geschnitten und dienen bemalt als Spielwerk; da sie hygroskopisch sind, so krümmen sie sich in der warmen Handfläche. Der größere Theil der Abschabsel wird jedoch ebenfalls zu Dünger benutzt und bringt, weil die Theilchen sehr dünn und klein sind, schon für die erste Erndte eine gute Wirkung hervor.

Ein anderer zufälliger Erfolg (wenigstens bei einem Gewerbe) der Anwendung großer Kapitalien ist der, daß eine Klasse von Mittelspersonen, die früher zwischen den Fabrikanten und Kaufleuten stand, nun nicht mehr existirt. Bei den gedruckten Kattunen ist dieß das Resultat zweier Ursachen und dahin gehören hauptsächlich die verminderten Productionskosten in großen Fabriken, obgleich diese vielleicht wichtigste nicht die einzige Ursache gewesen ist. Um die andere Ursache, welche zu dieser Veränderung beigetragen hat, zu erklären, müssen wir zu einem Prinzip der Staatswirthschaftslehre unsere Zuflucht nehmen, welches vielleicht eine noch ausgedehntere Erörterung erfordert.

Die Productionskosten irgend eines Artikels hängen von dem Verhältniß zwischen der Production und dem Absatz ab, welches richtig ist, so weit sich das Prinzip erstreckt. Die mittlern Productionskosten irgend eines Artikels, eine lange Zeit hindurch, hängen aber von den Mitteln der Production und des Absatzes mit dem gewöhnlichen Gewinn von dem Kapital, ab.

Die Kosten eines Artikels für den Käufer beruhen auf ganz andern Elementen, die in den meisten Fällen nur eine geringe Wichtigkeit, in andern große Folgen haben.

Die Kosten, die der Käufer hat, sind der Preis, den er für den Artikel bezahlt, nebst den Kosten der Verification, daß die Waaren den Grad der Güte haben, auf welche er den Vertrag machte. In einigen Fällen zeigt sich die Güte der

Digitized by Google

Waare durch bloßes Ansehen und dann ist der Unterschied des Preises in verschiedenen Magazinen gering. So kann z. B. über die Güte des Hutzuckers durch einen Blick entschieden werden, und dieß hat die Folge, daß der Preis desselben so übereinstimmend und der Gewinn so gering ist, daß der Verkauf desselben von Seiten des Großisten durchaus nichts Aengstliches hat. Dagegen hat auf der andern Seite der Thee, dessen Qualität äußerst schwierig zu beurtheilen ist und der durch Vermengung so verfälscht werden kann, daß er selbst das geübteste Auge täuscht, einen sehr verschiedenartigen Preis und ist derjenige Artikel, den der Großist seinen Abnehmern nur mit Besorgniß verkauft.

Die Kosten der Beglaubigung der Güte irgend eines Artikels sind unter gewissen Umständen so bedeutend, daß sie die Abweichung von sehr bestimmten Grundsätzen rechtfertigen. So ist es sehr schwierig, die Verfälschung des Mehls aufzufinden und seine guten Eigenschaften zu schätzen, daher die engl. Regierung gegen den sonstigen Grundsatz, daß sie im Allgemeinen jeden Gegenstand wohlfeiler kaufen als produciren kann, es besser gefunden hat, ausgedehnte Mahlmühlen (wie z. B. zu Deptford) anzulegen und ihr Mehl selbst zu fabriciren, als jeden anzukaufenden Sack prüfen zu lassen und Leute anzustellen, die stets auf neue Methoden sinnen, um die neuen Arten der Mehlverfälschung zu entdecken. Dieses Prinzip hat seinen Einfluß auf die Baumwollenmanufactur gehabt. Früher, als die Arbeiter den Kattun noch in eigenen Wohnungen webten, reisten Leute umher und kauften die Stücke in Masse ein, um sie an den exportirenden Kaufmann abzusetzen. Nun mußten diese aber jedes Stück untersuchen, um sich zu überzeugen, daß es gut gefertigt sei und das richtige Maaß habe. Freilich war dieß bei der Mehrzahl der Arbeiter überflüssig, aber der Betrug einiger Wenigen machte die Untersuchung unausbleiblich nothwendig; denn jeder einzelne Weber konnte, selbst wenn ein Käufer Betrug bei ihm entdeckte, hoffen, daß dieser Umstand nicht allen Andern bekannt werden würde. Wie groß der Werth der Rechtlichkeit auch in allen Verhältnissen des Lebens sein mag, so können ihn doch geringere Kaufleute niemals so vollständig empfinden, als größere Kapitalisten; denn die größern Geldsummen, mit denen der Kaufmann verkehrt, veranlassen, daß andere seine Pünktlichkeit näher untersuchen und kennen lernen. Und so kann ein geachteter Name wie ein Zusatz zum Kapital wirken, und der mit den großen Fabrikanten im Verkehr stehende Kaufmann bedarf der Kosten der Verification nicht, da er weiß, daß der Verlust oder auch nur der Tadel des guten Namens dem Fabrikanten größern Nachtheil zufügen würde, als ihm aus irgend einem einzelnen Geschäft Vortheil erwachsen könnte.

Ehe wir uns von dem Preise der Producte wenden, müssen wir noch zwei andere Umstände erwähnen, die auf seinen Belauf Einfluß haben. Wenn eine Waare nur von einem Fabrikanten geliefert wird, so wird derselbe natürlich solche Verkaufspreise zu stellen suchen, daß er den möglichst höchsten Vortheil davon hat. Bei der Schätzung des Preises wird er sich von zwei Umständen leiten lassen, nämlich daß er auf der einen Seite nicht so hoch ist, um nur einen geringen Absatz zu veranlassen, und auf der andern Seite

doch so viel Vortheile gewährt, um das Anlagekapital gesichert zu haben, ehe Concurrenz entsteht. Ist dagegen dasselbe Gewerbe in den Händen Mehrer, findet eine Concurrenz statt, so hängt der Preis theilweise von den verschiedenen Ansichten der Fabrikanten über die Dauer des Absatzes und theilweise von ihren eigenen besondern Umständen, hinsichtlich der Benutzung des Kapitals, ab.

Lage der Fabriken.

Die Erfahrung zeigt, daß in jedem Lande die Lage großer Fabrikanlagen auf gewisse Distrikte beschränkt ist. In dem frühern Zustande des Fabrikwesens eines Staates, ehe noch wohlfeile Transportmethoden nach einem großen Maaßstabe eingeführt worden waren, befanden sich die Fabriken fast immer in der Nähe derjenigen Punkte, wo die rohen Materialien vorkamen.

Namentlich gilt dieß von schweren, so wie von solchen Dingen, deren Werth mehr vom Material, als von der daran verwendeten Arbeit abhängt. Da die meisten Erze sehr schwer und mit einer großen Menge gewichtiger und nutzloser Substanzen vermengt sind, so müssen sie in der Nähe ihres Vorkommens verschmolzen werden. Dazu sind Brennmaterialien und eine bewegende Kraft erforderlich, und ist in der Umgegend irgend ein Wassergefälle vorhanden, so wird man dieses dazu anwenden, um die Aufbereitungsmaschinen, die Gebläse, die Hämmer, die Walzwerke u. s. w. in Bewegung zu setzen. Freilich wirken oft eigenthümliche Umstände modificirend darauf ein. Nicht immer findet sich das Brennmaterial in der Nähe der Erze, dieß ist nur in wenigen Ländern (z. B. in England, Oberschlesien, Belgien, in einigen Provinzen Frankreichs) bei dem Eisen der Fall, indem Steinkohlen- und Thoneisensteinlager mit einander vorkommen. Da wo die Erze mit Holzkohlen verschmolzen werden, legt man die Hütten in der Nähe der Gruben an, weil sich die leichtern Kohlen wohlfeiler transportiren lassen, als die schweren Erze. Die in Cornwall gewonnenen Kupfererze, die zum Verschmelzen bedeutende Mengen Brennmaterial bedürfen, werden nach Wales verschifft, welches einen sehr bedeutenden Steinkohlenreichthum hat, an denen es in Cornwall gänzlich fehlt. Die von den Schmelzhütten zu Swansea nach den Küsten, in der Nähe der Grubenreviere Cornwalls, zurückkehrenden Schiffe nehmen Steinkohlen mit dorthin, die theils zur Feuerung der Dampfmaschinen angewendet werden, mit denen die Wasserhaltung und Förderung der Gruben bewirkt wird, theils als Brennmaterial zur Zugutemachung der Zinnerze, welches nicht so große Quantitäten erfordert.

Flüsse, welche kohlen- und metallreiche Gegenden durchschneidgn, bilden mit der Zeit die Hauptstraße für den Transport sehr schwerer Producte nach solchen Punkten, die mehr Gelegenheit zur gehörigen Benutzung und Bearbeitung derselben darbieten. Es folgen dann Kanäle, oder unterstützen die Flüsse, und da die Dampf- und Gaskräfte noch lange nicht überall, wo sie es könnten, angewendet werden, so dürfen wir hoffen, daß diese Vortheile auch noch Ländern zu Theil werden, denen die Natur sie auf immer versagt zu haben scheint. Da wo neue und wohlfeile Verbindungswege sich eröffnen, bleiben Fabriken, Handel und Civilisation nicht lange aus. Vor zwanzig Jahren

Digitized by Google

wälzte der Missisippi seine ungeheure Wassermasse mit verschwenderischem Ueberfluß durch viele Hunderte von Meilen und durch Länder, die kaum einigen herumziehenden wilden Indianerstämmen Nahrung gewährten. Die Gewalt des Stromes schien allen menschlichen Anstrengungen, ihn in aufwärtssteigender Richtung zu befahren, zu trotzen und, gleichsam um solche Versuche noch hoffnungsloser zu machen, pflanzten sich große, aus den benachbarten Wäldern gerissene Bäume in dem Strombett gleich Pfeilern ein, an manchen Stellen Schranken, an andern den Kern zu Sandbänken bildend, so daß der Zufall hier eine doppelte Gefahr erzeugte, wo sonst gar keine vorhanden gewesen wäre. Um 350 bis 400 geographische Meilen mit einem kleinen Kahne stromaufwärts zu gelangen, waren kaum vier Monate hinreichend; während jetzt dieselbe Entfernung, in großen von Dampf getriebenen Fahrzeugen, mit Hunderten von Passagieren an Bord und mit allen Bequemlichkeiten des civilisirten Lebens versehen, in vierzehn Tagen zurückgelegt wird. An den Ufern, da wo früher die Hütte des Indianers und hin und wieder isolirte Blockhäuser der wenigen Ansiedler gestanden, erheben sich jetzt Dörfer, Flecken und Städte; und wahrscheinlich wird dieselbe Maschine, welche die Kraft dieses gewaltigen Stromes zu überwinden vermag, einst auch die in dem Bett zufällig vorhandenen Baumstämme und die Sandbänke, welche früher die Schifffahrt auf dem Flusse ganz hinderten und sie noch jetzt gefahrvoll machen, fortschaffen.

Obgleich der Preis jedes Artikels zuletzt auf die Quantität der darauf verwendeten Arbeit zurückgeführt werden kann, so pflegt man doch den meisten Stoffen auf einer gewissen Stufe der Fabrikation den Namen rohes Material zu geben. Das aus den Erzen geschmolzene und dann zu Stabeisen verfrischte Eisen ist alsdann so weit, daß man es zu tausend nützlichen Zwecken verwenden kann und ist daher das rohe Material, aus welchem die meisten von unsern Werkzeugen angefertigt werden. Auf dieser Stufe seiner Behandlung hat der Stoff nur erst wenig Arbeit gekostet und es ist interessant zu verfolgen, wie aus dem vielfachen Verhältniß der angewandten Arbeit zum verbrauchten rohen Material der Werth vieler Kunstproducte hervorgeht.

Blattgold besteht aus einem Stück dieses Metalles, welches bis zu einem solchen Grade dünn gehämmert ist, daß das Licht mit grünlich-blauer Farbe durchscheinen kann. Ungefähr 400 Quadratzoll davon kauft man in der Gestalt eines kleinen Buchs von 25 Goldblättchen für 1½ Schilling (12 Groschen). Das rohe Material, das Gold, kostet in diesem Fall über zwei Drittel weniger als das Fabrikat. Bei dem Blattsilber steht der Werth der Arbeit noch bedeutend höher zu dem rohen Material, indem ein Buch von 50 Blättern, welche über 1000 Quadratzoll decken würden, 1¼ Schilling kostet.

Die relative Einwirkung der beiden eben bezeichneten Ursachen auf den Preis des Artikels läßt sich sehr gut nachweisen bei den sogenannten venetianischen aus feinem Golde fabricirten Ketten. Man hat die Größe dieser Ketten nach Nummern bezeichnet; Nro. 1 ist die feinste,* Nro. 2 ist schon größer ꝛc. In der folgenden Tabelle werden die

* Jetzt werden noch feinere gemacht.

Nummern und Preise der im Jahre 1828 gefertigten aufgeführt. Die erste Colonne bezeichnet die Nummer der Kette, die zweite das Gewicht eines Zolles Länge von jeder Kette nach Granen, die dritte wie viel Glieder, sich in einem Zoll befinden, und die letzte den Preis eines venetianischen Braccio (24⅛ Zoll engl. Maaß) in Franken.

Nummer.	Gewicht eines Zolles nach Granen.	Anzahl der Glieder in einem Zoll.	Preis eines venetianischen Braccio (24⅛ engl. Zoll) in Franken.
0	0,44	98 bis 100	60 Franken.
1	0,56	92	40 „
1½	0,77	88	26 „
2	0,99	84	20 „
3	1,46	72	20 „
4	1,61	64	21 „
5	2,09	64	23 „
6	2,61	60	24 „
7	3,36	56	27 „
8	3,65	56	29 „
9	3,72	56	32 „
10	5,35	50	34 „
24	0,71	32	60 „

Von diesen Ketten haben also die Nummern 0 und 24 genau denselben Preis, wiewohl die letztere 22 mal mehr an Gold enthält, als die erstere. Allein die Arbeit bei den feinsten Ketten ist so schwierig, daß die sich damit beschäftigenden Frauen nicht länger als zwei Stunden dabei hinter einander aushalten können. Gehen wir von den feineren zu den gröberen Ketten über, so vermindert sich dieser Arbeitswerth im Verhältniß zu dem Werthe des Materials immer mehr, jedoch mit Ausnahme der Nummern 2 und 3, deren Preise gleich sind.

Jedoch wird auf diese Art Ketten bei weitem nicht so viel Arbeit verwendet, als auf manche Eisenmanufakte; der Werth der Arbeit übersteigt selbst bei den feinsten Ketten den des Goldes nicht um das Dreißigfache. Die Spiralfeder einer Taschenuhr kostet ungefähr 2 Pence oder 16 Pfennige und wiegt 0,15 Gran. Das Pfund von dem besten Eisen, das rohe Material, aus welchem man 50,000 solcher Federn machen kann, kostet genau eben so viel. Von den sogenannten Berliner Gußeisenbijouterien kostet mancher Artikel neun- bis zehntausendmal mehr, als das rohe Material.

Von den zur Anwendung der Maschinen sich eignenden Umständen.

Der erste Zweck bei Maschinen und die vorzüglichste Ursache ihres Nutzens besteht darin, daß sie die Artikel möglichst wohlfeil herstellen. Jedesmal, wenn eine große Anzahl von Gegenständen, alle von gleicher Beschaffenheit, geliefert werden soll, ist es zweckmäßig, Maschinen zu deren Verfertigung anzuwenden. Wegen einiger Paar baumwollener Strümpfe einen Strumpfwirkerstuhl zu bauen, wäre ein albernes Beginnen und eine Geld- und Zeitver-

Digitized by Google

schwendung, indem dazu fünf Stricknadeln hinreichen. Werden dagegen viele tausend Paar Strümpfe verlangt, so bezahlt sich der Geld- und Zeitaufwand zur Herstellung eines Strumpfwirkerstuhls hinlänglich durch Zeitersparniß bei der Fabrikation. Dasselbe gilt vom Copiren der Briefe; sind nur drei oder vier Copien nöthig, so ist gewöhnliches Abschreiben die wohlfeilste Methode; gebraucht man Hunderte, so kann man seine Zuflucht zum Lithographiren nehmen; sind Hunderttausende von Abdrücken erforderlich, so giebt es keinen wohlfeileren Weg, als eine Druckmaschine.

Aber auch dann, wenn eine wohlfeile Production nicht Hauptzweck ist, kommt es häufig vor, daß Maschinen oder Werkzeuge angefertigt werden müssen. Sollen wenige Exemplare, diese aber mit der strengsten Genauigkeit verfertigt werden, z. B. Maschinentheile, so ist es selbst den geschicktesten Händen unmöglich, der Bedingung zu genügen und es müssen daher nothwendig Werkzeuge dazu angefertigt werden, wenn gleich diese, wie es häufig der Fall ist, mehr kosten, als das darauf mit denselben herzustellende Product.

Ein anderes Beispiel von der zu rechtfertigenden Anwendung der Maschinen, selbst bei vermehrten Ausgaben, gewährt der Fall, wenn der Werth des Productes von der Kürze der Zeit abhängt. Bei den täglich in London ausgegebenen Zeitungen ist es häufig der Fall, daß die Parlamentsreden bis 3 oder 4 Uhr Morgens, also bis wenige Stunden vor der Zeit des Erscheinens der Blätter dauern, welche jene Reden gedruckt enthalten sollen. Die Reden werden von Berichterstattern, die sich einander ablösen, stenographirt, dann haben sich dieselben nach der, vielleicht eine Viertelmeile entfernt liegenden Officin der Anstalt zu begeben, ihre Notizen umzuschreiben, damit sie von dem Setzer gesetzt, corrigirt, gedruckt und die Zeitungen endlich vertheilt werden können. Einige derselben setzen 5 bis 6000 Exemplare ab. Nehmen wir aber auch nur eine Auflage von 4000 Exemplaren an, und es werden in der Stunde 500 auf einer Seite bedruckt (mehr aber können 2 Drucker und ein Knabe mit einer gewöhnlichen Handpresse nicht leisten), so wären zum Druck der ganzen Auflage 16 Stunden erforderlich; so daß die Nachrichten schon veraltet wären, ehe die letzten Abdrücke zu ihren Abonnenten gelangten. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, mußte die Zeitung oft doppelt, ja, wenn es spät war, selbst dreifach gesetzt werden. Mit den verbesserten Druckmaschinen kann man dagegen 4000 Exemplare in einer Stunde bedrucken.

Die Fortschaffung der Briefe ist ein anderes Beispiel, bei dem Zeitersparniß die Anlage eines dazu bestimmten Mechanismus, wäre er auch sehr kostbar, völlig rechtfertigen würde. Der Schnelligkeit des Pferdes hat die Natur Gränzen gesetzt, welche durch keine Verbesserung der Zucht noch der Landstraßen überschritten werden kann, und von der man, wenigstens in England, nicht weit entfernt ist. Wenn wir den großen Zeit- und Geldaufwand berücksichtigen, den es erfordert, irgend eine Theorie oder Kunst auf die letzte Stufe der Vollendung zu heben; so dürfen wir voraussetzen, daß die Zeit nicht fern ist, in welcher statt der Pferde zum Brieftransport ein Mechanismus angewendet werde.

Das jeden Abend von London nach Bristol, einer der größten englischen Städte, mit der Post beförderte Briefpaket wiegt gewöhnlich keine hundert Pfund. Zu der Fortschaffung dieser Briefe, die Hauptzweck ist und mit der man als Nebenzweck Personentransport verbindet, über eine 120 englische (26 deutsche) Meilen betragende Strecke, muß eine Kutsche von mehr als 3000 Pfund Gewicht in Bewegung gesetzt werden.

Bei einem zum Brieftransport etwa einzuführenden Mechanismus würde offenbar die Verminderung des Gewichts aller gleichzeitig mit den Briefen transportirten Gegenstände eine wünschenswerthe Bedingung sein; eben so auch Verminderung der Schnelligkeit der dazu angewendeten Thierkraft, weil das Pferd um so weniger an Gewicht ziehen kann, je schneller es getrieben wird. Von den verschiedenen Vorrichtungen, die sich zu diesem Zweck erdenken lassen, heben wir eine heraus, welche, obwohl sich dagegen Manches einwenden läßt, einige der gewünschten Bedingungen erfüllt und die keine bloße Theorie mehr ist, indem damit einige, freilich nur beschränkte Versuche gemacht worden sind.

Man denke sich eine Reihe hoher Pfeiler, die in Zwischenräumen von vielleicht hundert Fuß zwischen zwei Poststädten in möglichst gerader Linie aufgestellt sind. Ein Eisen- oder Stahldraht läuft nun über die mit Trägern versehenen Pfeiler und endigt alle halbe oder ganze englische Meile an einem sehr starken Pfeiler, durch welchen er straffer gespannt werden kann. An jedem dieser Ausgangspunkte müßte ein Stationsbeamter wohnen. Auf dem Drahte nun rollen zwei Räder, an welchen eine, die Briefe enthaltende, kleine cylindrische Büchse aufgehängt ist; dieselbe muß so construirt sein, daß ihre Räder ohne Hinderniße über die Aufhängungspunkte des Drahtes weggehen können. Ein weit dünnerer Draht läuft über zwei Scheiben, von denen die eine am Anfang, die andere am Ende der Station angebracht ist. Dieser Draht wird von Röllchen getragen, die in geringer Entfernung oberhalb der Joche des stärkern Drahtes angebracht sind. Man hätte also zwei, den dickern Draht stets begleitende Linien des dünnern Drahtes, und die Stationsbeamten an beiden Enden brauchten nur die Trommel zu drehen, um letztern in entgegengesetzten Richtungen mit großer Geschwindigkeit zu bewegen. Der Briefcylinder wird mittelst einer Schnur oder mittelst eines Hakens mit einer oder der andern Linie des Drahtes ohne Ende in Zusammenhang gebracht und sodann bis an's Ende der Station schnell fortbewegt, wo ihn der Beamte auf die nächste überträgt, um ihn dort auf dieselbe Weise weiter zu befördern. Es ist nicht die Absicht, uns hier in Details einzulassen, die dieser oder ein anderer ähnlicher Plan erfordern würde. Daß Schwierigkeiten vorhanden sind, läßt sich durchaus nicht in Abrede stellen; sind diese aber zu beseitigen, so hätte man außer der Schnelligkeit auch noch viele andere Vortheile erlangt. Denn durch die Anstellung der Stationsbeamten fielen die Kosten, welche zwei oder drei Briefausgaben täglich verursachen, größtentheils weg; ja selbst Eilbotschaften ließen sich dann, mit verhältnißmäßig unbedeutenden Kosten, jeden Augenblick abfertigen und es ist sogar nicht unmöglich, daß man sich des gespannten Drahtes zu einer Art von noch schnellerer telegraphischer Mittheilung bedienen könnte.

Wir führen noch ein Beispiel an, bei welchem der zu erreichende Zweck so wichtig ist, daß er die Anwendung

Digitized by Google

von sehr kostspieligen Maschinen, obwohl man ihrer nur selten bedürfte, rechtfertigt. Ein Schiff mit Mannschaft an Bord, welches sich unter der Meeresoberfläche eine Strecke weit rudern ließe, wäre in vielen Fällen von unschätzbarem Werthe. Maschinen, zu deren Bewegung Feuer erforderlich ist, können offenbar zur Forttreibung eines solchen Fahrzeuges nicht angewendet werden. Wenn man aber eine, bis zum tropfbar flüssigen Zustande verdichtete Luft mitnehmen und mit dieser eine fortschaffende Kraft erzeugen könnte, welche hinreichte, das Schiff eine bedeutende Strecke zu treiben, so würden die Kosten schwerlich ein Hinderniß sein, diese Kraft gelegentlich in Anwendung zu bringen.

Die Fähigkeit, mechanische Vorrichtungen und Zusammensetzungen von Maschinen zu erfinden, scheint, wenn man nach der häufigen Ausübung derselben urtheilt, keine seltne Gabe zu sein. Unter der zahlreichen Menge von Erfindungen, welche seit einer Reihe von Jahren fast täglich zum Vorschein kommen, ist ein großer Theil verfehlt wegen der unvollkommenen Beschaffenheit des ersten Versuchs, während ein noch größerer Theil, der die mechanischen Schwierigkeiten umgangen hat, blos deshalb fehlschlug, weil auf die Ersparung ihrer Operationen nicht hinlänglich geachtet ist.

Bewegungen, selbst der zusammengesetztesten Art, zu erzeugen, ist nicht schwierig. Es giebt eine große Anzahl bekannter Vorrichtungen für alle gewöhnlichern Zwecke, und wenn die Ausübung einer mäßigen Kraft der Zweck des auszuführenden Mechanismus ist, so läßt sich die ganze Maschine auf dem Papier construiren, und sowohl die angemessene Festigkeit eines jeden ihrer Theile und des sie tragenden Gerüstes, endlich auch die Stärke ihrer Wirkung lange, ehe noch ein einzelner Theil der Maschine ausgeführt ist, beurtheilen. Wirklich müßte überhaupt jede Erfindung und jede Verbesserung zuvor durch eine Abbildung veranschaulicht werden. Auf der andern Seite giebt es Wirkungen, die von physischen und chemischen Eigenschaften abhängen und zu deren näherer Bestimmung Zeichnungen von gar keinem Nutzen sein können; diese sind recht eigentlich Gegenstände directer Versuche.

Wenn z. B. das Endresultat einer Maschine darin besteht, in eine Kupferplatte mittelst stählerner Punzen Buchstaben einzudrücken, so gehören alle Mechanismen, wodurch die Punzen und die Kupferplatte in bestimmten Zeitintervallen zu bewegen und mit einander in Berührung zu bringen sind, in den Bereich der Zeichnung und die Maschine läßt sich genau auf dem Papiere entwerfen. Dabei kann aber vernünftigerweise das Bedenken entstehen, ob nicht der Wulst, der sich rings um den, in die Kupferplatte eingedrückten Buchstaben erheben wird, den Punzen in seiner eigenthümlichen Wirksamkeit beim Eindrücken des nächstangränzenden Buchstabens hinderlich ist. Auch ist zu befürchten, daß durch das Eindrücken des zweiten Buchstabens, wenn derselbe hinlänglich nahe bei dem ersten zu stehen kommt, die Gestalt des letztern theilweise wieder zerstört werde; und wenn auch keins von diesen Uebeln eintreten sollte, so steht doch zu erwarten, daß die durch das Eindrücken der Buchstaben hervorgebrachten Wülste der Güte der von der Kupfertafel erhaltenen Abdrücke nachtheilig sein würde, und daß die Platte selbst, nachdem sie bis

auf die Ränder ganz mit Zeichen bedeckt ist, von der ungleichartigen Verdichtung, welche sie durch diesen Prozeß zu erleiden hat, so ihre Gestalt ändern werde, daß es sehr schwer sein wird, gute Abdrücke von ihr zu erlangen. Diese Schwierigkeit durch irgend eine Zeichnung zu beseitigen, ist unmöglich und nur durch Versuche läßt sich ihre Wirkung bestimmen. Solche Versuche sind angestellt worden und man hat gefunden, daß wenn die Seiten der Stahlpunzen fast rechtwinklig auf der Fläche der Buchstaben sind, alsdann nur ein sehr unbedeutender Wulst entsteht, so daß bei der geringen Tiefe, welche für den Kupferdruck hinreichend ist, keine Verzerrung der angränzenden Buchstaben statt finden kann, selbst wenn dieselben auch sehr dicht bei einander zu stehen kommen; — daß der um jeden Buchstaben entstehende schwache Wulst sehr leicht abgeschabt werden kann; — endlich daß die Kupfertafel selbst durch die Verdichtung des Metalles keine nachtheilige Aenderung der Gestalt erleidet, und nachdem ein solches Verfahren damit vorgenommen worden ist, sie für den Druck vollkommen geeignet ist.

Der nächste Schritt in dem Fortgange einer Erfindung, nachdem die Zeichnungen vollendet und die erforderlichen, vorläufigen Versuche angestellt worden sind, ist die Ausführung der Maschine selbst. Es kann denen, welche sich mit dem Entwurf und der Ausführung neuer Maschinen beschäftigen, nicht fest genug eingeprägt werden, daß, je specieller alle Theile in den Zeichnungen ausgeführt worden sind, um so erfolgreicher der Versuch ausfallen werde und mit desto geringern Kosten das erwünschte Resultat sich erreichen lasse. Die wirkliche Ausführung nach den Werkzeichnungen ist verhältnißmäßig eine leichte Arbeit, allein es muß dabei vorausgesetzt werden, daß man gute Werkzeuge und Arbeitsmethoden anwendet, bei denen die Vollkommenheit der Ausführung weniger von der persönlichen Geschicklichkeit der Arbeiter, als von der Sicherheit der Methoden abhängt.

Die Ursachen der Fehler in diesem Stadium liegen meistens in Irrthümern, die bei den erwähnten Vorbereitungsarbeiten statt gefunden haben, und es wird hier genügen, die Quellen derselben blos mit wenigen Worten anzudeuten. Häufig entspringen die Fehler aus der Vernachlässigung der Rücksicht, daß die Metalle nicht vollkommen unbiegsam, sondern elastisch sind. Ein stählerner Cylinder von geringem Durchmesser darf nicht als eine unbiegsame Stange angesehen werden, sondern es muß derselbe, damit seine Wirkung als Welle vollkommen gesichert sei, an den gehörigen Punkten unterstützt werden. Eben so muß man die Stärke und die Steifheit des, die Maschine tragenden Gerüstes sorgfältig mit in Betracht ziehen. Man sollte stets berücksichtigen, daß die Anhäufung überflüssiger Massen in den unbeweglichen Theilen einer Maschine nicht von denselben Uebeln begleitet ist, welche dann entstehen, wenn die bewegten Theile zu schwer sind, indem im erstern Fall das Trägheitsmoment nicht vergrößert wird.

Die Festigkeit und Unverrückbarkeit des Gerüstes einer Maschine führt noch einen andern wichtigen Vortheil mit sich. Sind die Zapfenlager einer Welle einmal in eine gerade Linie gebracht, so werden sie fortwährend darin beharren, sobald das Gerüst unverrückbar ist; wo hingegen,

Digitized by Google

wenn es seine Gestalt im geringsten verändert, sogleich eine bedeutende Vergrößerung der Reibung entsteht. Man kennt diese Wirkungen in den Manufacturdistricten Englands so gut, daß bei der Veranschlagung der Betriebskosten einer neuen Fabrik fünf Procent von der Kraft der Dampfmaschine erspart werden, wenn das Fabrikgebäude ganz feuerfest d. h. aus Stein und Eisen erbauet worden ist. Es ist diese Ersparung an Kraft eine Folge der größeren Festigkeit gänzlich massiver Gebäude, indem in einem solchen die Zapfenlager der langen Wellen nicht im geringsten abweichen, demnach also gar nicht in ihrer Bewegung gehindert werden und die Reibung weit geringer als gewöhnlich ist.

Ein großer Irrthum ist es, annehmen zu wollen, daß zu einem Versuch irgend ein unvollkommenes Werk gut genug sei. Ist ein Versuch nöthig, so muß er auch mit allen den Vortheilen angestellt werden, die der Zustand der Mechanik gewährt; denn ein unvollkommener Versuch kann das Aufgeben einer Idee zur Folge haben, die sich bei einer bessern Ausführung der Arbeit vielleicht als praktisch ausführbar bewiesen hätte. Ist aber der Erfolg vermöge guter Ausführung einmal dargethan, so wird es leicht sein, denjenigen Grad der Vollkommenheit zu bestimmen, der für die genaue Wirksamkeit der Maschine ausreicht.

Daß manche Erfindungen nach Versuchen in dem einen Stadium der Kunst aufgegeben, in einer andern Periode aber mit dem besten Erfolge gekrönt worden, ist theils der Unvollkommenheit der Originalversuche, theils der stufenweisen Verbesserung der Maschinenbaukunst zuzuschreiben. Die Idee des Druckens mittelst beweglicher Typen hat sich wahrscheinlich in der Vorstellung mancher Leute erzeugt, welche mit Stempel- und Siegelabdrücken vertraut waren. Unter den, in den Ruinen von Pompeji und Herkulanum gefundenen Instrumenten giebt es Stempel für Worte, die in einem Stück Metall ausgearbeitet sind und mehre Buchstaben enthalten. Es konnte kaum fehlen, daß der Gedanke, diese Buchstaben zu trennen und sie zum Behuf des Druckens von Büchern wieder in andern Worten zu combiniren, sich Mehren aufdrängte; allein sicher würden gerade die besten Mechaniker jener Periode diesen Gedanken am ersten aufgegeben haben, weil sie sogleich die Unmöglichkeit eingesehen haben würden, mehre tausend Holz- oder Metallstückchen so vollkommen und genau zuzurichten und dieselben so gleichmäßig anzuordnen, wie es bei den, in der Buchdruckerkunst gebräuchlichen Typen oder Holzstempeln erforderlich ist. Das Prinzip der sogenannten Bramah'schen Presse war beinahe anderthalb Jahrhunderte bekannt, ehe die Maschine selbst, zu deren Entstehung es Veranlassung gegeben, existirte; allein der unvollkommene Zustand der Mechanik zur Zeit des Erfinders mußte denselben abhalten, das Prinzip in der Praxis anzuwenden.

Diese Betrachtungen beweisen, wie nützlich es ist, nach Verlauf von gewissen Zeiträumen, während welchen die Maschinenbaukunst einige große Fortschritte gemacht hat, solche Versuche zu wiederholen, die früher, obgleich auf richtigen Prinzipien beruhend, fehlgeschlagen sind.

Aber auch dann, wenn die Zeichnungen richtig angefertigt sind, die Maschine gut ausgeführt worden ist, und die von ihr producirte Arbeit alle Eigenschaften besitzt,

welche man davon erwartet hat, so kann die Erfindung dennoch eine verfehlte sein. Dieß ist nämlich dann der Fall, wenn sie nicht in allgemeinen Gebrauch kommt. Es rührt dieß am häufigsten daher, daß sie mit größern Unkosten producirt, als dieß durch andere Methoden geschieht.

Soll die neue und verbesserte Maschine die Grundlage einer Fabrik werden, so ist es ein wesentliches Erforderniß, daß die sämmtlichen durch sie veranlaßten Productionskosten berücksichtigt werden, ehe man zu ihrer Erbauung schreitet. Die Veranschlagung dieser Kosten ist fast immer sehr schwierig; um so mehr, je zusammengesetzter der Mechanismus, und bei einer sehr verwickelten und ausgedehnten Maschinerie fast unmöglich. Nach einer oberflächlichen Berechnung nimmt man an, daß die Anlagekosten eines ersten Exemplars einer neuerfundenen Maschine ungefähr fünfmal mehr kostet, als die Construction des zweiten; eine Annahme, die der Wahrheit ziemlich nahe kommen mag. Soll die zweite zu erbauende Maschine der ersten genau gleich werden, so kann man zu derselben die nämlichen Zeichnungen und Modelle benutzen. Zeigen sich, wie es gewöhnlich bei dem Versuch mit der ersten Maschine der Fall ist, einige anzubringende Verbesserungen, so muß freilich dieß und jenes verändert werden. Sind aber erst zwei oder drei Maschinen vollendet und es werden noch mehre verlangt, so können diese gewöhnlich zu einem fünf- und noch mehrfach geringern Preise, als das erste Stück, hergestellt werden. Die Kunst der Erfindung, der Entwerfung und der vollkommensten Ausführung sind selten in einem Individuum vereinigt, weshalb man auch hier seine Zuflucht zur Theilung der Arbeit nehmen muß. Der beste Rath, den man dem Urheber einer neuen mechanischen Erfindung geben kann, ist der, einen tüchtigen Zeichner anzustellen. Besitzt derselbe viel Erfahrung in seiner Kunst, so läßt sich durch seinen Beistand bald ausmitteln, ob die Erfindung neu sei und dann kann er davon die Werkzeichnungen anfertigen. Der erste Schritt aber, die Ueberzeugung, in wiefern die Erfindung auf den Namen der Neuheit Anspruch machen könne, ist sehr wichtig und es ist nicht leicht, Ueberzeugung davon zu erlangen. Es ist ein Gegenstand, der von den Erfindern oft gänzlich vernachlässigt wird.

Es giebt vielleicht keine Menschen, kein Gewerbe, worin so viel Pfuscherei, so große Unkunde der wissenschaftlichen Grundsätze und der Geschichte der Mechanik, des Maschinenwesens und der Kunst, so wie von deren Umfang herrscht, als unter den mechanischen Projectenmachern. Der durch sich selbst gebildete (autodidaktische) Maschinenbauer, geblendet von der Schönheit einer vielleicht wirklich originellen Erfindung, treibt sein Gewerbe oft mit großer Keckheit und Sorglosigkeit, ohne nur zu ahnen, daß Unterricht, Nachdenken und angestrengtes Arbeiten zu dessen erfolgreicher Ausübung unumgänglich nöthig seien. Viel von diesem falschen Selbstvertrauen entspringt aus den, über die Schwierigkeiten mechanischer Erfindung vorherrschenden unrichtigen Begriffen, und es ist daher von großer Wichtigkeit für das persönliche und Familienwohl derjenigen, welche, betrogen durch den eigenen und den Beifall Nichtsachverständiger, ein ihnen angemessenes Gewerbe aufgeben, ihnen und dem Publicum begreiflich zu machen, daß viele Menschen die Gabe besitzen, mechanische Combinationen zu

Digitized by Google

machen und daß dazu keineswegs Talente vom ersten Range gehören. Mögten sie doch, was noch wichtiger ist, bedenken, daß die Männer, welche sich in diesem Fache ausgezeichnet haben, ihren großen Verdienst und ihr Glück fast ausschließlich ihren vieljährigen Erfahrungen und ihren gereiften Kenntnissen verdanken, die sie mit unablässiger Ausdauer auf ihre glücklichen Erfindungen anwendeten.

Für alle Künste und Wissenschaften gilt der Grundsatz, daß derjenige, welcher durch neue Entdeckungen Reichthum und Ehre erlangen will, vorher unverdrossen die Kenntnisse seiner Zeitgenossen sorgfältig zu erforschen habe, wenn er nicht seine Anstrengungen erschöpfen will, um das noch einmal zu erfinden, was wahrscheinlich schon lange vor ihm besser ausgeführt worden ist.

Dauer der Maschinen.

Die Länge der Zeit, innerhalb welcher eine Maschine ihre Leistungen regelmäßig verrichtet, hängt hauptsächlich von der Vollkommenheit, mit der sie erbauet; von der Sorgfalt, die auf ihre Erhaltung verwendet, daß hauptsächlich jedem Losewerden und Schlottern der Wellen sogleich begegnet wird; so wie endlich von der geringen Masse und der mäßigen Geschwindigkeit des sogenannten umgehenden Zeuges, d. h. der sich bewegenden Theile, ab. Jeder heftige Stoß, jede plötzliche Veränderung der Richtung der Bewegung ist nachtheilig. Maschinen zur Erzeugung von Kraft, wie Windmühlen, Wasserräder, Dampfmaschinen, halten in der Regel lange aus.* Dagegen nutzt sich eine Maschinerie zur Darstellung irgend eines stark gesuchten Artikels selten ganz ab, indem meist schon vor diesem Zeitpunkte Verbesserungen erfunden werden, mittelst denen dieselben Leistungen schneller, auch wohl besser gemacht werden können. Man nimmt daher auch ziemlich allgemein an, daß eine gute, brauchbare Maschine sich innerhalb fünf Jahren bezahlt haben und nach zehn Jahren durch eine bessere verdrängt werden muß.

Verbesserungen im Maschinenwesen scheinen aus folgendem Grunde bald darauf die Production zu vermehren. Ein Fabrikant, der sein Kapital auf die herkömmliche Weise nutzt und mit Spinn- und Webestühlen, so wie mit andern im guten Zustande sich befindenden Maschinen versehen ist, von denen ihm jede nach den bestehenden Preisen **100** Pfund Sterl. kostet, erfindet einige Verbesserungen. Diese sind jedoch von der Art, daß sie an den Maschinen, die er besitzt, nicht angebracht werden können. Seine Berechnungen ergeben aber, daß nach dem Preise, zu welchem er sein Fabrikat absetzen kann, jede neue Maschine innerhalb drei Jahren sich nicht nur selbst wieder bezahlt machen, sondern auch das Anlagekapital wie gewöhnlich verzinsen würde. Ferner schließt er in Folge seiner Geschäftskenntniß, daß die in Anwendung zu bringenden Verbesserungen innerhalb dieser Zeit von andern Fabrikanten nicht wohl angenommen werden können. Nach diesen Betrachtungen liegt es nun in seinem Interesse, die Maschinen, welche er

* Eine feststehende und als bewegende Kraft dienende Dampfmaschine soll nach ziemlich allgemeiner Annahme 10 Procent ihres Anlagekapitals Ertrag liefern.

jetzt besitzt, zu verkaufen, ja selbst zu dem halben Preise, und dagegen neue nach der verbesserten Art zu erbauen. Da nun der Käufer der alten Maschinen, der nur **50** Pfund Sterling dafür gegeben hat, kein so großes Betriebskapital zu verzinsen hat, als der frühere Besitzer der Maschinen, dennoch aber dieselbe Quantität fabricirt, so wird sein Gewinn größer sein. Die Waare wird im Werthe fallen; einestheils, weil sie mit Hülfe der neuen Maschinen wohlfeiler hergestellt werden kann, anderntheils, weil der Betrieb der alten, weniger kostenden Maschinen mehr Nutzen abwirft. Dieser Wechsel ist jedoch nur vorübergehend; denn es tritt eine Zeit ein, nach welcher die alten, auch im besten Zustande erhaltenen Maschinen dennoch werthlos werden. Die vor nicht gar langer Zeit an den Bobbinnet- oder Tüll-Maschinen gemachten Verbesserungen waren so bedeutend, daß eine gute brauchbare Maschine, die neu **1200** Pfund Sterling gekostet hatte, nach Verlauf von wenigen Jahren für **60** Pfund Sterling verkauft wurde. Während der großen Geschäfte mit diesem Fabrikate folgte eine Verbesserung so schnell der andern, daß noch gar nicht vollendete Maschinen von den Erbauern selbst unbenutzt stehen gelassen wurden, weil sie die neuen Verbesserungen durchaus werthlos machten.

Die Dauer der Waaren übt auf ihren Preis einen beständigen Einfluß aus. Wir haben bereits bemerkt, daß der sogenannte momentane Preis irgend eines Artikels von dem bestehenden Verhältniß zwischen Zufuhr und Nachfrage, theils aber auch von den Kosten der Beglaubigung abhänge. Dagegen wird der Durchschnittspreis in einer längern Periode nicht nur durch die durchschnittliche Zufuhr, Nachfrage und die zur Production und Herbeischaffung auf den Markt erforderliche Arbeit, sondern auch durch die Dauerhaftigkeit des fabricirten Artikels bedingt. Viele gewöhnlich benutzte Dinge werden durch den Gebrauch consumirt; so kann ein Schwefelholz, ein Bogen Papier und eine Cigarre nie doppelt benutzt werden. Dagegen giebt es andere, vielleicht wenige Artikel, die nie abgenutzt werden. Es gehören hierher die härtern Edelsteine, wenn sie gut geschnitten und polirt sind. Die Façon der Gold- und Silbereinfassungen mag sich mit der Mode des Tages ändern und ist daher aus zweiter Hand stets verkäuflich, wogegen die Edelsteine selbst einem solchen Wechsel nie unterworfen sind. Der Brillant, der nacheinander auf dem Halse von hundert Schönen geprangt, oder Jahrhunderte an dem Finger von Patriziern geglänzt hat, wird von dem Juwelenhändler auf derselben Waage gewogen, wie der eben von der Scheibe des Demantschleifers gekommene; er wird von ihm karatweise ge- und verkauft. Die sehr verschiedene Dauer der großen Masse der übrigen Waaren liegt zwischen diesen beiden Extremen. Der Durchschnittspreis solcher Dinge, welche durch die Benutzung verbraucht werden, kann natürlich nie geringer sein, als die Kosten der Herbeischaffung auf den Markt. Eine kurze Zeit hindurch mögen sie wohlfeiler verkauft werden; doch dann muß die Production eines solchen Artikels bald gänzlich aufhören. Nutzt sich aber andrerseits der Artikel nie ab, so kann sich sein Preis auf permanente Weise unter seinem Productionspreis halten; die einzige Folge wird dann die sein, daß keine neue Production stattfindet. Der Preis wird im Verhältniß des Vorraths zur Nachfrage

Digitized by Google

stehen und steigt er später wieder anhaltend über die Productionskosten, so tritt alsdann auch die Production wieder ein. Waaren veralten nicht blos durch wirkliches Verderben oder durch ein Abnutzen, sondern auch durch spätere Verbesserungen, oder durch Veränderungen ihrer, von dem wechselnden Geschmack des Zeitalters bedingten Formen und Mustern. Unter den beiden letztern Umständen haben die Waaren nur wenig von ihrer Brauchbarkeit verloren; da sie aber von ihren bisherigen Consumenten nicht mehr so stark gesucht werden, so gehen sie mit einem ermäßigtern Preise zu einer niedern Klasse der Gesellschaft hinab. So findet man viele Hausgeräthe, z. B. gut gearbeitete Tische und Stühle, in den Zimmern von Leuten, die sie neu nicht kaufen konnten; ja häufig treffen wir auch in den Häusern von Reichern große Spiegel an, die durch die Hände mehrer Eigenthümer gegangen sind, nur aus dem Grunde, weil sich die Gestalt des Rahmens mit der Mode änderte. Oft ist sogar auch diese unverändert geblieben und nur eine neue Vergoldung nöthig, um den Spiegel als vollkommen aus erster Hand erscheinen zu lassen.

In der eben erwähnten Beziehung haben Spiegelgläser viel Eigenthümliches. Am häufigsten werden sie durch Gewalt beschädigt; das Eigenthümliche besteht nun darin, daß das Spiegelglas auch zerbrochen einigen Werth behält, welches bei andern Artikeln nicht der Fall ist. Zerspringt ein großer Spiegel, so macht man zwei oder mehre kleine daraus, von denen jeder wiederum ein selbstständiges Geräth bildet; auch in viele Stücke zerbrochene Spiegel können noch zu kleinen Handspiegeln benutzt werden. Ist auch die Folirung beschädigt, so kann diese entweder wieder hergestellt, oder es kann das Glas zu Fenstern benutzt werden. Aus den englischen Fabriken kommen jährlich zu dem, in dem Lande vorhandenen Glase noch ungefähr **250,000** Quadratfuß von neuem Glase hinzu. Eine Schätzung der jährlich zerstörten oder ausgeführten Quantität läßt sich nicht leicht machen; jedoch kann sie nicht sehr groß sein und die Wirkungen jenes beständigen Zuwachses ersieht man aus dem verringerten Preise und in der vermehrten Consumtion des Glases. Wäre es ganz unzerstörbar, so würde der Preis immer mehr herabsinken und hätten neue Gebrauchsarten und die größere Anzahl von Consumenten nicht eine größere Nachfrage zur Folge, so müßte zuletzt sogar eine einzige, von keiner Concurrenz beschränkte Fabrik ihr Geschäfte einstellen, indem die Dauerhaftigkeit ihres eigenen Products ihr endlich den Markt verschlösse.

Da der relative Werth desselben Fabrikats in verschiedenen Ländern stets eine interessante Untersuchung ist, so theilen wir folgende Tabelle mit.

Vergleichung der Spiegelglaspreise in den Manufacturen zu London, Paris und Berlin.

Höhe.	Breite.	London. 1827.		Paris. 1825.		Berlin. 1832.	
Zoll	Zoll.	Thlr.	Sgr.	Thlr.	Sgr.	Thlr.	Sgr.
16	16	5	20	3	6	3	6
20	20	10	6 2/3	14	10	7	20
30	30	46	6 2/3	77	—	40	10
60	40	94	4	186	16	96	12
76	40	134	—	297	16	140	5
90	80	262	6	580	—	273	—
100	75	519	22 2/3	1085	16	—	—
120	75	664	6	3674	—	—	—

Das Belegen dieser Gläser beträgt in England **20**, in Paris **10** und in Berlin **33⅓** Prozent von dem Productionspreise derselben.

Von den Verbindungen zwischen Fabrikherren und Arbeitern.

Fast unter allen Classen von Arbeitern findet man bestimmte Regeln und Gesetze, nach denen sich ihre Handlungen unter einander und gegen ihre Brodherren richten. Außer diesen allgemeinen hat fast jede Fabrik noch ihre besondern Regeln, die in vielen Fällen aus einem stillschweigenden Einverständniß der Parteien unter sich entstanden sind. Dergleichen Regeln sind selten Andern, als den in dem Geschäft Begriffenen bekannt; allein da es von Wichtigkeit ist, daß sowohl ihr Vortheil als auch ihr Nachtheil gehörig erkannt werde, so wollen wir einige Bemerkungen darüber machen. Die Grundsätze, nach denen solche Gesetze geprüft werden, sind folgende:

1) Daß sie zur Wohlfahrt aller hierbei Betheiligten beitragen.

2) Daß sie Betrug hindern.

3) Daß sie so wenig als möglich die freie Thätigkeit eines jeden Individuums beschränken.

In vielen Werkstätten ist es etwas ganz Gewöhnliches, daß jeder neu eintretende Arbeiter den übrigen Arbeitsgenossen eine kleine Geldsumme spenden muß. Es ist augenscheinlich ungerecht, auf dieser Abgabe zu bestehen und wenn das Geld zum Trinken angewendet werden soll, welches leider nur zu oft der Fall ist, sogar sehr nachtheilig. Als Grund der Forderung wird angeführt, daß der Ankömmling erst mit den Gebräuchen der Werkstätte und mit der Handhabung der verschiedenen Werkzeuge bekannt gemacht werden und daß dies seinen Mitarbeitern durchaus Zeit rauben müsse. Würden diese Spenden in einer besondern Casse gesammelt und zu gewissen Zeiten vertheilt oder zu Unterstützungen bei Krankheitsfällen des Arbeiterpersonals angewendet, so würde weniger dagegen einzuwenden sein, weil dieß auch ein Grund sein würde, dem zu häufigen Wechsel der Arbeiter aus einer Fabrik in die andere vorzubeugen. Unter keinen Umständen aber sollte es eine Zwangsmaaßregel sein und nur die Vortheile, die aus einem solchen Fond für die Arbeiter entstehen, sollten einen Jeden zu Beiträgen bewegen.

In vielen Fabriken sind die Arbeiter auch dann, wenn sie zu gänzlich verschiedenartigen Operationen verwendet werden, dennoch in vielen Fällen von einander abhängig. So kann z. B. ein Schmied in einem Tage so viel ausschmieden, um vier oder fünf Dreher während des nächsten Tages hinlänglich zu beschäftigen. Vernachlässigt derselbe nun aus Faulheit oder Unmäßigkeit seine Arbeit und liefert er nicht den nöthigen Bedarf, so werden die Dreher, die ebenfalls stückweis und nicht nach der Arbeitszeit bezahlt werden, nicht hinreichende Beschäftigung haben und weit weniger verdienen können. Es ist daher zweckmäßig, für solche Fälle eine Strafe festzusetzen, um eine Wiederholung solcher nachtheiligen Ereignisse zu verhindern. Jedoch ist es auch nöthig, daß der Fabrikherr bei Feststellung eines solchen Gesetzes mit den Arbeitern Rücksprache nehme und daß dieselben jedem Arbeiter vor seinem Eintritt in die

Digitized by Google

Fabrik mitgetheilt werden. Wünschenswerth ist es endlich, daß die gezahlten Strafgelder nicht zum Vertrinken, sondern zu einem nützlichen Zwecke angewendet werden.

In manchen Fabriken ist es gebräuchlich, daß der Fabrikherr eine kleine Vergütung giebt, wenn ein Arbeiter einen besondern Grad von Geschicklichkeit gezeigt, oder an Materialien erspart hat. So erhält man beim Spalten von Horn in Blätter zu Laternen in England meist 5 bis 8 solcher Blätter; erhält der Arbeiter aber 10 und mehr, so giebt ihm der Fabrikbesitzer eine Pinte Ale. Jedoch dürfen die Vergütungen oder Ueberschußbelohnungen nicht zu hoch sein, weil die Arbeiter dadurch leicht zu nicht erfolgreichen Versuchen angereizt werden und dann Material verwüsten. Werden aber solche Einrichtungen auf eine umsichtige Weise getroffen, so wirken sie sehr wohlthätig; sie fördern die Geschicklichkeit der Arbeiter, nutzen dem Fabrikherrn und vermindern die Preise.

In einigen wenigen Fabriken, in denen die Arbeiter stückweis bezahlt werden, ist es gebräuchlich, denjenigen Arbeiter, welcher so schlecht ausgeführte Arbeit geliefert hat, daß sie zurückgesetzt werden mußte, zu bestrafen. Ein solcher Gebrauch trägt dazu bei, das Nachtheilige des Lohnens nach der gelieferten Stückzahl des Fabrikats zu vermindern und unterstützt den Fabrikherrn ganz außerordentlich, indem sein eigenes Gutachten durch competente und vorurtheilsfreie Richter bestätigt wird.

Oft bestehen da, wo größere Massen von Arbeitern zusammen sind, Verbindungen unter denselben und eben so auch unter den Fabrikanten eines und desselben Gewerbes. Die Zwecke dieser Vereine sind verschieden; wünschenswerth ist es aber, daß die Folgen derselben von den Mitgliedern auch wohl verstanden werden, und daß die aus denselben hervorgehenden, sicher bedeutenden Vortheile so viel als möglich von den Uebeln und Fehlern getrennt werden, die sich leider nur zu häufig einschleichen. Verbindungen zwischen Fabrikherrn und Arbeitern können viele Vortheile gewähren, um sich über die von beiden Theilen zu beachtenden Regeln zu verständigen; um sich wegen der Abschätzung des verhältnißmäßigen Werthes verschiedener Arten der in ihrem Gewerbe vorkommenden Fabrikate zu vereinigen; theils wird auch dadurch an Zeit gespart und es werden Streitigkeiten unter ihnen vorgebeugt. Solche Vereine sind ferner auch zweckmäßig, um sich genau von der Anzahl der in den verschiedenen Abtheilungen einer Fabrik beschäftigten Arbeiter, der Höhe ihres Lohns, der Anzahl der von ihnen benutzten Maschinen und von andern statistischen Gegenständen zu unterrichten. Kenntnisse dieser Art sind sehr wichtig, sowohl als Anhaltspunkte für die dabei am meisten interessirten Parteien, als auch, um sie in den Stand zu setzen, im Falle eines etwaigen Unterstützungsgesuchs bei der Regierung, oder vorzunehmender gesetzlicher Verfügungen mit den Details versehen zu sein; indem ohne solche nicht wohl über die Zweckmäßigkeit der zu treffenden Maaßregeln entschieden werden kann. Solche Data können von Denen, die in irgend einen Theil des Geschäftes thätig eingreifen, mit weit weniger Zeitopfern gesammelt werden, als von Personen, die nicht so gut unterrichtet und auch wohl weniger dabei interessirt sind.

Eine Art von solchen Vereinigungen findet zuweilen von Fabrikbesitzern gegen Personen statt, die ein Patent

haben. Dergleichen Verbindungen sind stets eben so nachtheilig für das Publicum, als ungerecht gegen die Erfinder. Vor wenigen Jahren erfand Jemand in England eine Maschine, mit welcher Muster und Schnitzwerk in Mahagoni und andere feine Hölzer geschnitten wurden. Die Maschine hatte viel Aehnlichkeit mit den Bohrapparaten an Kunstdrehbänken, und lieferte sehr schöne, so wie billige Arbeit; allein die Kunsttischler vereinigten sich unter einander gegen diese Maschine, so daß das Patent gar nicht in Anwendung kam. Derselbe Fall fand bei einer Fournirschneidmaschine, mit Hülfe einer Art von Messern statt. Die Fournire konnten damit weit dünner, als mit irgend einer Säge geschnitten werden, und der Abgang war sehr gering; doch die genannte Zunft lehnte sich gegen die Erfindung auf, und nach vielen schweren Unkosten mußte sie aufgegeben werden. Noch auffallender ist das folgende Beispiel. Die Herren Oaks und Sohn in London erfanden im Jahre 1832 ein Verfahren, den Zuckerrohrsaft unmittelbar zu Rohzucker zu versieden, welches in Demerara mit sehr gutem Erfolg ausgeführt wurde. Der Preis des Zuckers mußte dadurch sehr fallen. Nun legte aber die englische Regierung auf Veranlassung der dadurch sehr betheiligten Zuckerraffineure eine so hohe Eingangssteuer auf diesen Rohzucker, daß die Patentinhaber nicht concurriren konnten.

Aehnliche Beispiele von solchen Verbindungen scheinen überhaupt in England nicht selten zu sein, wie sich aus dem Bericht des Parliamentsausschusses zur Untersuchung der Erfindungspatente vom Juni 1829 ergiebt.

Verbindungen unter den Arbeitern gegen die Fabrikherrn oder gegen das Publicum wirken fast immer nachtheilig auf die Arbeiter selbst zurück. Man hat viele Beispiele, in Folge deren das Publicum bei einer Erhöhung des Preises freilich für den Augenblick leidet, bei der später eintretenden Reduction aber der gewinnende Theil bleibt; während auf der andern Seite die Verbesserungen, die bei Maschinerien in Folge einer einstimmigen Kündigung der Arbeiter veranlaßt werden, gerade den Veranlassern selbst schaden. Da nun der Nachtheil für die Arbeiter und deren Familien stets bedeutender ist, als für ihre Brodherren, so ist es für das Wohl und Glück der erstern höchst wichtig, daß sie sich über diesen Gegenstand klare und deutliche Begriffe machen. Vielleicht haben einige Erläuterungen des hier aufgestellten Grundsatzes mehr Gewicht, als ein allgemeineres, wenn auch aus den bewährtesten Gesetzen der Staatswirthschaft entlehntes Raisonnement. Solche Beispiele gewähren überdieß den Vortheil, daß sie sich auf zum Theil bekannte Thatsachen beziehen.

Vor ungefähr 20 Jahren verlangten die mit Anfertigung der sogenannten Platinen in einer sehr ausgedehnten Gewehrfabrik beschäftigten Arbeiter eine Erhöhung des Lohnes. Eine solche Platine ist ein etwa 3 Fuß langer und 4 Zoll breiter Eisenstab, der jedoch an dem einen Ende dicker und breiter, als an dem andern ist. Durch das Ausschmieden solcher Stücke in den angegebenen Maaßen, durch Umbiegen derselben in eine cylindrische Form, bis sich die Kanten decken, so daß sie zusammengeschweißt werden können, wird der Gewehrlauf gebildet. Da die Forderungen der Arbeiter zu hoch waren, so wurden sie ihnen nicht gewährt. Der Director der Fabrik wendete dagegen dem

Digitized by Google

Gegenstande seine ganze Aufmerksamkeit zu. Er kam auf den Gedanken, daß, wenn es möglich wäre, die Peripherie der Walzen, zwischen denen das Eisen zu den Platinen gestreckt wird, der Länge einer Platine oder eines Gewehrlaufes gleich zu machen, und wenn ferner die Einschnitte, zwischen denen das Eisen zusammengepreßt wird und die gleich tief und breit sind, nach und nach tiefer und breiter, von einem Punkte auf der Walzenperipherie ausgehend und dahin zurückkehrend, gemacht würden; dann auch gewiß das zwischen den Walzen hindurch gehende Eisen, statt in der Breite und Dicke gleich, die erwähnte Gestalt einer Platine erhalten müßte. Man würde dann aus einem Stabe sogleich mehre mit den Enden verbundene Platinen auswalzen können. Ein gemachter Versuch gelang vollkommen. Die Handarbeit wurde bei dem Prozeß bedeutend vermindert und die Arbeiter, welche eine besondere Geschicklichkeit in Anfertigung solcher Platinen erlangt hatten, konnten fernerhin von derselben keinen Nutzen mehr ziehen.

Es ist auffallend, daß gerade bei demselben Fabrikationszweige erst vor wenigen Jahren ein anderes noch bemerkenswertheres Beispiel von der Wirkung von Auflehnungen unter den Arbeitern statt gefunden hat. Das Zusammenschweißen der Platinen zu Gewehrläufen erfordert eine große Geschicklichkeit. Nach Beendigung des letzten Krieges wurden aber, in Folge des geringern Bedarfs an Gewehren, viele der Arbeiter außer Thätigkeit gesetzt. Dieser Umstand erleichterte Verbindungen derselben, und als es sich nun traf, daß ein Contract, wegen einer bedeutenden Gewehrlieferung zu einer bestimmten Zeit, abgeschlossen worden war, so bestanden alle Arbeiter auf eine solche Lohnerhöhung, daß die Erfüllung des Contractes mit einem sehr bedeutenden Verlust verbunden gewesen wäre. In dieser Verlegenheit nahmen nun die Fabrikanten ihre Zuflucht zu einer Methode, die Läufe zusammen zu schweißen, worauf sie bereits mehre Jahre vorher ein Patent genommen hatten. Jedoch war damals der Erfolg davon nicht günstig genug, um in allgemeinen Gebrauch zu kommen, das Zusammenschweißen auf die gewöhnliche Weise mit der Hand war zu wohlfeil und es stellten sich außerdem der Anwendung auch noch andere Hindernisse entgegen. Das eigensinnige Bestehen der Arbeiter auf Erhöhung des Lohns veranlaßte aber den Patentinhaber, neue Versuche anzustellen, und es gelang ihm endlich, die Läufe unter Walzen mit großer Leichtigkeit zusammen zu schweißen, und darin solche Vollkommenheit einzuführen, daß man aller Wahrscheinlichkeit nach künftig nur sehr wenig noch das Zusammenschweißen mit der Hand anwenden wird. Der Prozeß besteht darin, die Platine in die Form eines Cylinders zu rollen und zwar so, daß sich die Kanten etwas überdecken, worauf sie in die Schweißhitze eines Ofens gebracht wird. Nachdem sie herausgenommen worden ist, wird ein eiserner Dorn oder Cylinder hineingesteckt und das Ganze in das cylindrische Caliber gesteckt, woselbst nicht allein das Zusammenschweißen, sondern auch durch ein wiederholtes Durchwalzen eine Ausreckung des anfänglich nur ungefähr einen Fuß langen Laufes erfolgt. Die Arbeiter, welche sich verbündet hatten, waren nun nicht weiter nöthig, und statt also durch ihre Verbindung Vortheile zu erlangen, waren sie durch diese Verbesserung in

der Fabrikation für immer auf einen bedeutend geringern Lohn reducirt. Bisher hatten sie wegen der besondern Geschicklichkeit und Erfahrung, die der frühere Prozeß erforderte, mehr Lohn, als andere Arbeiter in der Fabrik erhalten. Auf einer andern Seite war auch die neue Methode des Zusammenschweißens der Textur des Eisens weniger nachtheilig, indem es dabei nur einmal, bei dem früheren Verfahren wohl drei- auch viermal der Schweißhitze ausgesetzt wurde. Das Publicum gewann demnach in diesem Falle theils durch Verbesserung des Productes, theils auch durch einen geringern Preis. Aus dem neuen Verfahren entsprang auch noch ein anderer Vortheil, indem es überall bei der Anfertigung eiserner Röhren von allen Durchmessern, sowohl zur Gas-, als auch zur Dampf- und Heißwasserleitung, zur Erwärmung der Gebäude u. s. w. angewendet wird und deren Lieferung zu einem mäßigen Preise vermittelte. Aehnliche Fälle werden gewiß Allen, die sich einigermaßen mit dem Fabrikenwesen beschäftigt haben, vorgekommen sein; indeß sind die angeführten schon genügend, um die Folgen solcher Arbeiterverbindungen darzuthun. Jedoch würde es keineswegs billig sein, die aus solchen Fällen zu machenden Folgerungen bis auf's Aeußerste zu treiben. Beide angeführte Beispiele zeigen wohl klar, daß der Erfolg jener Verbindung nur dauernd nachtheilig für die Arbeiter gewesen und sie hinsichtlich des Lohns fast auf der Stelle auf eine niedrigere Stufe, als sie vorher eingenommen, versetzt hat; jedoch beweisen sie nicht, daß alle solche Verbindungen gleiche Wirkungen veranlassen. Ganz klar ist es aber, daß sie wohl alle dieselbe Tendenz haben und eben so gewiß ist es, daß es wohl einer starken Aufforderung bedarf, um Jemand zu einer neuen und kostbaren Arbeitsmethode zu vermögen, und daß in den beiden erwähnten Fällen die Verbesserung sicher nicht gemacht sein würde, hätte die Furcht vor baarem Verlust nicht den Antrieb gesteigert. Hätten daher die Arbeiter in jedem der obigen Fälle sich nur vereinigt, um eine mäßige Erhöhung des Lohns zu erlangen, so würde ihnen dieß sehr wahrscheinlich gelungen sein und das Publicum würde viele Jahre die Erfindung, zu welcher jene Bündnisse Veranlassung gegeben, entbehrt haben. Die Folge solcher Verbindungen ist demnach in diesen Fällen gewesen: für die Arbeiter — Herabsetzung ihres Lohns; für das Publicum — Ermäßigung des Preises; für den Fabrikbesitzer — ein größerer Absatz seiner Waaren, in Folge dieser Ermäßigung. Es ist indessen wichtig, die Folgen der Verbindungen auch in einer andern, weniger einleuchtenden Beziehung zu untersuchen.

Die Furcht vor Verbindungen unter seinen Arbeitern wird natürlich den Fabrikbesitzer veranlassen, den Betrag der Bestellungen, die er zu irgend einer Zeit in Händen hat, zu verheimlichen, und die Arbeiter werden daher nie erfahren, wie hoch der Bedarf ihrer Arbeiten ist, als sonst wohl der Fall sein dürfte. Dieß ist ihrem Interesse deßhalb nachtheilig, weil, statt durch allmählige Abnahme der Bestellungen die Zeit, in der sie außer Thätigkeit kommen, vorauszusehen und sich darauf vorbereiten zu können, sie nun einem viel plötzlicheren Wechsel, als unter andern Umständen, ausgesetzt sind. Da der Fabrikherr bei Schließung eines Contractes keine Sicherheit von Arbeiterverbindungen gegen sich hat, so ist er nächst der Vorsichtsmaaßregel, sie

Digitized by Google

von der Kenntnißnahme desselben fern zu halten, noch genöthigt, den Preis, für den er die Fabrikate unter andern Umständen liefern könnte, um ein Geringes zu erhöhen, um sich gegen ein solches Ereigniß zu sichern. Hat eine Fabrikanlage mehre, gleichzeitig zu betreibende Arbeitsabtheilungen, wie z. B. Eisenerzförderungen, Steinkohlengruben, Hohöfen, zu deren jeder bestimmte Classen von Arbeitern gehören, so ist es nöthig, bedeutende Materialienvorräthe zu halten, welches nicht erforderlich wäre, wenn der Besitzer sicher wäre, daß keine solche Vereinigungen entstehen würden. Wollten die Kohlenbergleute z. B. einen höhern Lohn erzwingen und ein Vorrath von geförderten Kohlen wäre nicht da, so würden die Hohöfen ausgeblasen und die Bergleute außer Thätigkeit gesetzt werden müssen.

Einen Erz- und Kohlenbestand in gefördertem Zustande zu halten, ist aber dasselbe, als wenn man baares Geld ungenutzt liegen läßt, ja noch mehr, denn die Steinkohlen leiden dadurch, daß sie dem Einfluß der Witterung ausgesetzt sind, ganz außerordentlich an ihrer Güte. Die Zinsen dieser Summe müssen daher als der Preis einer Versicherung gegen den möglichen Verlust, der durch ein unter den Arbeitern statt findendes Bündniß herbeigeführt werden kann, betrachtet werden. Dieß muß nun wieder in demselben Grade den Preis des fabricirten Artikels steigern und mithin den Begehr, der sonst da sein würde, verringern. Jeder Umstand aber, der die Nachfrage drückt, ist auch für die Arbeiter nachtheilig; denn je größer der Bedarf ist, desto weniger ist er Schwankungen unterworfen. Die Wirkung, welche wir hier andeuten, ist durchaus nicht blos ein theoretischer Schluß; die Besitzer eines Werkes der erwähnten Art haben immer einen auf 6 Monat reichenden Materialienvorrath, dessen Werth ungefähr 10,000 Pfund Sterling beträgt.

Von dem Einfluss von Steuern und gesetzlichen Beschränkungen auf Fabrikate.

Wenn auf einen Artikel eine Steuer gelegt wird, so werden sowohl Producenten als Consumenten allen Scharfsinn darauf verwenden, derselben so viel als möglich zu entgehen, welches oft auf vollkommen gesetzliche Weise ausführbar ist. So muß z. B. in England von allem Schreibpapier eine Steuer von 3 Pence (2 Gr.) auf das Pfund bezahlt werden. Dieselbe veranlaßt die Fabrikation einer großen Menge außerordentlich feinen Papiers, damit das Gewicht einer gegebenen Bogenzahl so gering als möglich ausfalle. Bald nach der ersten Einführung der Fenstersteuer in England, welche durch die Anzahl und nicht nach der Größe bestimmt ward, legte man in neuen Häusern weniger und größere Fenster als früher an. Man beleuchtete die Treppen durch außerordentlich lange Fenster, welche 3 bis 4 Stiegen erhellten. Als nun die Auflage erhöhet und die Größe der Fenster beschränkt wurde, wenn sie nur als eins bei der Besteuerung gelten sollten, so trug man noch mehr Sorge, so wenig Fenster als möglich zu haben und nahm häufig seine Zuflucht zur Erleuchtung von Innen.

Die Wirkungen der Steuern auf die Einfuhr fremder Fabrikate sind nicht minder bemerkenswerth. In den Vereinigten Staaten kam der seltne Fall vor, daß unverarbeitetes Stabeisen in Stangen verschiedener Art eine Eingangssteuer von 140 Procent nach dem Werthe bezahlen mußte, während es verarbeitet nur 25 Procent zahlte. Es wurde demnach das Stabeisen, zu Eisenbahnschienen verarbeitet, eingeführt, indem der Unterschied von 115 Procent bei der Steuer die Kosten, das Eisen zu Schienen auszuwalzen, weit aufwog.

Die Beschränkung von den in einer Fabrik producirten Artikeln auf eine gewisse Größe hat in ökonomischer Rücksicht die gute Folge, daß weniger Werkzeuge zur Fabrikation erforderlich, und seltner Abänderungen in der Anordnung derselben vorkommen. Bei der Flotte folgt eine ähnliche Ersparniß aus der Eintheilung der Schiffe in eine gewisse Anzahl von Klassen, deren jede Fahrzeuge von denselben Dimensionen umfaßt, weshalb das für ein Schiff gemachte Takelwerk für jedes andere derselben Klasse paßt.

Die Wirkung der Aufhebung eines Monopols ist oft von großer Wichtigkeit, welches vielleicht niemals bemerkbarer war, als bei der Bobbinnetfabrikation in den Jahren 1824 und 1825; sie wurden freilich durch die in jener merkwürdigen Periode herrschende Speculationswuth noch erhöhet. Eins der im Besitz des Herrn Heathcote befindlichen Patente auf eine Bobbinnetmaschine war damals gerade erloschen, während ein anderes auf Verbesserung eines einzelnen Theils solcher Maschinen noch einige Jahre gültig blieb. Dem Gebrauch des erstern Patents waren viele Vergünstigungen bewilligt worden, und es bezahlte von jedem Viertelyard Breite des mit einem Stuhl darzustellenden Fabrikats 5 Pfund Sterling jährlich, so daß also ein sogenannter Sechsviertelstuhl, d. h. ein solcher, der $^6/_4$ Yards breiten Bobbinnet liefert, jährlich 30 Pfund Sterling Patentsteuer entrichtete. Das zweite Patent wurde im August 1823 aufgegeben, indem Verletzungen desselben statt gefunden hatten.

Die Bobbinnetmaschinen nehmen nicht viel Platz ein, und sind demnach zu häuslicher Fabrikation sehr geeignet. Da nun dieselbe bis dahin einen großen Gewinn abgeworfen hatte so konnte es nicht überraschen, wenn bei Aufhebung des durch dieses Patent begründeten Monopols eine Menge Personen ein solches Gewerbe zu ergreifen wünschten. Die bereits vorhandenen Maschinen gehörten größtentheils Fabrikanten an; allein es ergriff eine gewisse Manie alle Personen, die irgend ein kleines Kapital erwerben konnten; Fleischer, Bäcker, Pächter, Gastwirthe, Bediente, ja selbst Geistliche wollten Bobbinnetmaschinen haben.

Einige wenige Maschinen wurden gemiethet; meistentheils kaufte sich aber der Arbeiter eine Sechsviertelmaschine durch Abschlagszahlungen von 3 bis 6 Pfund wöchentlich, und Manche, welche die Benutzung der erkauften Maschinen gar nicht kannten, zahlten noch für den Unterricht 50 bis 60 Pfund. Der glückliche Erfolg der ersten Speculation dieser Art verführte Andere zur Nachfolge, und die Maschinenbauer wurden mit Aufträgen auf Bobbinnetmaschinen fast überhäuft. Der Wunsch, dergleichen zu besitzen, war so groß, daß Viele einen bedeutenden Theil oder das Ganze des Kaufpreises der Maschine bei den Mechanikern vorausbezahlten, um am Ersten bedient zu werden. Dadurch stieg ganz natürlich der Arbeitslohn der Maschinenbauwerkleute und man empfand dieß selbst in bedeutender Entfernung

Digitized by Google

von Nottingham, dem Centrum dieser Manie. Schmiede, nicht einmal im Schlichten oder Flachfeilen geübt, die aus entfernten Gegenden kamen, verdienten 30 bis 42 Schilling wöchentlich. Mit der Arbeit vertraute Feinschmiede erwarben wöchentlich 3 bis 4 Pfund Sterling.

Ein geschickter Grobschmied gewann 5 bis 6 Pfund, ja einige bis 10 Pfund wöchentlich.

Zur Anfertigung des sogenannten Gehenden Zeuges, welches am besten bezahlt wurde, benutzte man hauptsächlich die Uhrmacher aus der ganzen Umgegend, welche wöchentlich 3 bis 4 Pfund erhielten.

Die Aufsteller (setters up), Personen, welche die Theile der Maschine zusammensetzten, erhielten für ihren Beistand 20 Pfund, und eine Sechsviertelmaschine konnte in 14 Tagen bis 3 Wochen zusammengestellt werden. Es wurden daher gute Arbeiter verleitet, weniger einträgliche Zweige ihres Gewerbes zu verlassen, um dieser außerordentlichen Nachfrage zu genügen, und so fanden sich denn die Meister von mehren Metallarbeiten bald von Gehülfen entblößt, ohne den unmittelbaren Grund zu bemerken. Einige der Verständigsten mittelten ihn jedoch bald aus, begaben sich von Birmingham nach Nottingham, um die Umstände zu erforschen, welche die Grobuhrmachergehülfen von ihrem Gewerbe abbrächten und erfuhren, daß Leute, welche in Birmingham wöchentlich 25 Schilling verdient hatten, in Nottingham mit Anfertigung von Bobbinnetstühlen 40 Schilling verdienen konnten.

Als nun die Uhrmacher die Beschaffenheit dieser einträglichen Arbeit untersuchten, sahen sie ein, daß ein Theil der Bobbinnetmaschinen, welcher die Spulen hält, leicht in ihren eigenen Werkstätten angefertigt werden könne. Sie contrahirten daher mit den Maschinenbauern, die ohnehin mehr Arbeit hatten, als sie auszuführen vermochten, die Spulenschlitten zu einem Preise zu liefern, der sie in den Stand setzte, den Lohn ihrer Gehülfen hinlänglich zu erhöhen, um dieselben zu behalten, und doch selbst einen guten Gewinn daraus zu ziehen. Auf diese Weise wurde die Erbauung von Bobbinnetmaschinen erleichtert, und die Folge war nicht schwer vorauszusehen; die außerordentliche Masse von Bobbinnet, womit nun die Märkte überschwemmt wurden, drückte die Preise herab, wodurch auch die Maschinen im Werth sanken. Nur einige von den ersten Producenten machten eine kurze Zeit lang ein gutes Geschäft, aber der größte Theil derselben ward in ihren Erwartungen getäuscht, und Viele wurden ruinirt. Der geringe Preis, zu welchem das Fabrikat verkauft wurde, trug in Verbindung mit der Leichtigkeit und Schönheit der Waare noch zu Vermehrung des Absatzes bei, und zuletzt machten neue Verbesserungen der Maschinen alle ältern noch werthloser.

Die Bobbinnetfabrikation ist jetzt sehr ausgedehnt und noch fortwährend im Steigen, und da sie wahrscheinlich in der Folge die öffentliche Aufmerksamkeit mehr auf sich ziehen wird, so dürfte es interessant sein, von ihrem gegenwärtigen Zustand eine Uebersicht zu geben,* wozu wir durch die von Zeit zu Zeit erscheinenden Berichte des Herrn W. Felkin zu Nottingham in den Stand gesetzt sein würden, führte uns eine solche nicht zu weit von dem eigentlichen Zweck dieses Werks ab.

* Man findet die wichtigsten Mittheilungen aus diesen „Thatsachen und Berechnungen zur Erläuterung des gegenwärtigen Zustandes des Bobbinnetgewerbes" von Felkin, in Babbage's Werk „über Maschinen- und Fabrikwesen," aus dem Englischen von Friedenberg (Berlin 1833) S. 376 ꝛc., und in Ure „Cotton Manufacture of Great Britain etc." (London 1836), Vol. II. p. 408 etc.

Wir machen hier nun noch einige kurze Bemerkungen über Patente. — Um nämlich Erfindungen, Verbesserungen oder Einführung von Maschinen und Entdeckungen in Beziehung auf Fabrikation aufzumuntern, hat man in vielen Ländern den Erfindern oder ersten Einführern ein ausschließliches Privilegium auf eine bestimmte Zeit gewährt. Man nennt solche Monopole Patente, und sie werden nach Bezahlung gewisser Gebühren auf verschiedene Perioden, von 5 bis 20 Jahren, zugestanden.

Die folgende Uebersicht zeigt die Kosten und die Dauer von Patenten in verschiedenen Ländern.

	Pfund Sterling.	Schilling.	Dauer der Jahre.
England . . .	120	—	14
Irland	125	—	14
Schottland . .	100	—	14
Amerika . . .	6	15	14
Frankreich . . .	12	—	5
	32	—	10
	60	—	15
Niederlande . .	6—30	—	5, 10, 15
Oestreich . . .	42	10	15
Spanien, Erfinder	20	9	15
„ Verbesserer	12	6	10
„ Einbringer	10	5	6
Preußen . . .	—	10—15	5—15

Natürlich ist es von Wichtigkeit, jedem Erfinder den alleinigen Gebrauch seiner Erfindung zu sichern, bis er sowohl für die Gefahr und Kosten, die er gehabt, hinlänglich entschädigt, als auch für das angewendete Talent belohnt ist. Aber die Grade des Verdienstes sind so verschieden und die Schwierigkeiten der Gesetzgebung hierüber so groß, daß es sich beinahe als unmöglich erwiesen hat, irgend ein Gesetz abzufassen, gegen welches sich in der Praxis nicht die ernstlichsten Einwendungen machen ließen.

Die Schwierigkeit, ein englisches Patent vor irgend einem Gerichtshofe zu vertheidigen, ist sehr groß und der Beispiele, daß eine Vertheidigung erfolgreich gewesen, giebt es verhältnißmäßig nur wenige. Dieser Umstand hat einige Fabrikanten veranlaßt, ein Patent ferner nicht wie ein Privilegium zu betrachten, wodurch ihnen ein Monopolpreis sicher wäre; sondern sie verkaufen den patentirten Artikel zu einem Preise, der dem gewöhnlichen aus einem Kapitale zu ziehenden Gewinn gleichkommt, und sichern sich auf diese Weise die Fabrikation, indem kein Nebenbuhler von der Verletzung eines sehr mäßig benutzten Patentes Vortheil ziehen kann.*

Unter den für das allgemeine Wohl der englischen Fabriken beabsichtigten Beschränkungen befand sich auch eine, in Folge deren es den Arbeitern verboten wurde, außer

* Wer sich näher über die englischen Patentgesetze unterrichten will, den verweise ich auf Herrn Kleinschrod's interessantes Werk: „Großbritanniens Gesetzgebung über Gewerbe, Handel ꝛc." (Stuttgart 1836) S. 48 ꝛc. Ueber Preußens Patentgesetze siehe: „Verhandlungen des preuß. Gewerbvereins," I. 1822, S. 108 ꝛc.

Digitized by Google

Landes zu gehen. Ein mit den Grundsätzen der Freiheit in so offenem Widerspruch stehendes Gesetz hätte niemals gegeben werden sollen. Doch ward es nicht eher aufgehoben, als bis die Erfahrung die Gesetzgeber von seiner Unwirksamkeit überzeugt hatte. Als nach dem letzten Kriege der erneuerte Verkehr zwischen England und dem Continente bedeutend ward, sah man die Unmöglichkeit ein, die verschiedenen Verkleidungen zu entdecken, welche den Arbeitern zu Gebote standen, und bei der Gefahr der Bestrafung ging die Wirkung des Gesetzes mehr dahin, Auswanderer von der Rückkehr abzuschrecken, als ihnen die Neigung zum Auswandern zu nehmen.

Von der Ausfuhr der Maschinen.

Es war den englischen Arbeitern nicht nur durch eine Parliamentsacte verboten, in Länder auszuwandern, in denen ihr Gewerbfleiß ihnen höhern Lohn verschaffen konnte, sondern auch die meisten Maschinen, welche sie daheim fabricirten, auszuführen. Der für dieses Verbot angegebene Grund lag in der Befürchtung, daß die Ausländer sich der verbesserten englischen Maschinen bemächtigen und so mit den englischen Fabrikanten concurriren möchten. Es war in der That die Aufopferung der Interessen einer Classe von Leuten, der Maschinenbauer, zum eingebildeten Vortheile einer andern Classe, nämlich derer, welche die Maschinen benutzen. Außer der schlechten Politik, zwischen beide Classen zu treten, ist zu erwägen, daß die Maschinenbauer weit mehr Intelligenz besitzen, als die Maschinenbenutzer, und obgleich jene jetzt nicht so zahlreich sind, so dürfen wir doch mit guten Gründen annehmen, daß, wenn die Aufhebung des Verbots, welches ihr Erfindungsvermögen drückt, zu wirken Zeit gehabt haben wird, ihre Zahl beträchtlich zunehmen, ja wohl gar einst die der Maschinenbenutzer übersteigen werde.

Die Vertheidiger dieser Verbote in England scheinen sich allzusehr auf die Möglichkeit zu verlassen, die Verbreitung der Kenntnisse neuer Vorrichtungen in andern Ländern gänzlich verhindern zu können; allein dieß ist eine viel zu beschränkte Ansicht von den möglichen, ja wahrscheinlichen Fortschritten des Maschinenwesens. Wir wollen zur Untersuchung dieser Frage beispielsweise die Lage zweier Fabrikanten desselben Artikels betrachten, von denen der Eine in einem Lande lebt, in welchem die Handarbeit sehr wohlfeil, die Maschinen schlecht und die Transportmittel langsam und kostspielig sind; während der Andere in einem Lande arbeitet, in welchem der Arbeitslohn sehr hoch, das Maschinenwesen aber vortrefflich und die Transportmittel schnell und billig sind. Sie sollen beide ihre Fabrikate nach demselben Markte senden und Jeder einen Preis erhalten, der ihm den, durch sein Kapital im eigenen Lande gewöhnlich erreichbaren Nutzen gewährt. Unter solchen Umständen läßt sich mit ziemlicher Sicherheit voraussehen, daß die ersten Verbesserungen im Maschinenwesen in demjenigen Lande eintreten werden, welches in der Civilisation am Weitesten vorgeschritten ist, weil, selbst vorausgesetzt, daß der Erfindungsgeist in beiden Ländern gleich groß sei, die Mittel zur Ausführung verschieden sind. Die Wirkung des verbesserten Maschinenwesens im reichen Lande wird am gemeinschaftlichen Markte dadurch verspürt werden, daß der

Preis des Artikels etwas fällt, und dieß giebt dem Fabrikanten des armen Landes den ersten Wink, der nun durch erhöheten Gewerbfleiß und verbesserten Haushalt in seiner Fabrik die Verminderung des Verkaufspreises zu decken sucht, bald aber erkennen muß, daß diese Abhülfe nur vorübergehend ist, indem der Marktpreis zu fallen fortfährt. Er wird nun veranlaßt, das concurrirende Fabrikat zu untersuchen, um aus dessen Zusammensetzung die verbesserte Fabrikationsmethode zu errathen. Sollte ihm dieß, was wohl meistens der Fall sein dürfte, nicht gelingen, so muß er seine eigenen Maschinen zu verbessern, oder aber Nachrichten über die in den Fabriken des reichern Landes verfertigten einzuziehen suchen. Nach einem erfolglosen Versuche, diese Nachrichten brieflich zu erlangen, entschließt er sich vielleicht, die Fabriken seiner Nebenbuhler persönlich zu besuchen. Jedoch sind solche Anstalten einem Fremden und Concurrenten nicht leicht zugänglich, und je neuer die Verbesserungen, um so schwieriger wird es werden, Zugang zu denselben zu erlangen. Sein nächster Schritt wird der sein, die verlangten Nachrichten von den, bei der Anwendung oder beim Bau der Maschinen angestellten Arbeitern zu erlangen. Ohne Zeichnungen, oder eine Untersuchung der Maschinen selbst, ist dieß ein langsames und lästiges Verfahren, abgesehen davon, daß er am Ende doch noch der Hinterlist der Arbeiter und vielen Wahrscheinlichkeiten des Fehlschlagens ausgesetzt ist. Gelingt es ihm aber auch, sich vollkommene Zeichnungen und Instructionen zu verschaffen, so muß er dann erst anfangen, seine verbesserten Maschinen zu Hause zu erbauen, was er weder so wohlfeil noch so gut als seine Concurrenten in dem reichen Lande auszuführen vermag. Nehmen wir indessen an, daß nach Verlauf von einiger Zeit die mit so vieler Mühe verbesserten Maschinen endlich vollständig und bis zum arbeitsfähigen Zustande gediehen seien.

Wir wollen nun sehen, wie es unterdessen dem Fabrikanten in dem reichen Lande ergangen ist, selbst angenommen, daß er nur einen Schritt vorwärts gemacht habe. Zuvörderst hat er einen Gewinn dadurch bewirkt, daß er den inländischen Markt zum gewöhnlichen Preise mit einem Artikel versorgte, dessen Production ihm weniger kostete; dann aber setzt er selbst den Preis auf dem eigenen und fremden Markte herab, um sich einen ausgedehntern Absatz zu verschaffen. In dieser Periode empfindet der Fabrikant des armen Landes zuerst die Wirkungen der Concurrenz, und wenn zwischen der ersten Einführung der neuen Verbesserung im reichen Lande und dem Anfange ihrer Anwendung im armen, auch nur ein Zeitraum von zwei bis drei Jahren liegt, so wird doch der Erfinder, vorausgesetzt sogar, daß er in dieser ganzen Zeit keine weitere Verbesserung angebracht habe, einen so großen Theil der erforderlich gewesenen Auslagen schon gedeckt haben, daß er eine weit größere Verminderung in Preise seines Productes vornehmen kann, wodurch der Gewinn seines Concurrenten nothwendig geringer ausfallen muß, als der seinige.

Man hat behauptet, daß bei der Erlaubniß, Maschinen auszuführen, die fremden Fabrikanten eben so gute, wie die unsrigen erhalten würden. Gegen diese Behauptung bietet das vorliegende Werk überall die Antwort dar: daß, um mit Erfolg zu fabriciren, es nicht blos nothwendig ist, gute Maschinen, sondern auch einen

Digitized by Google

höchst sorgfältig eingerichteten innern Haushalt bei der Fabrikation anzuwenden.

Die Wahrheit und Wichtigkeit dieses Prinzips ist in dem Berichte der Unterhauscommission „über die Ausfuhr von Werkzeugen, und Maschinen aus England" so gut entwickelt, daß wir die dort vorgelegten Meinungen und Beweise erst mittheilen, ehe wir Herrn Babbage's Bemerkungen folgen lassen.

„Geben wir auch zu, daß man sich auf dem Festlande dieselben Maschinen wie in England verschaffen könnte, so geht doch die Meinung der Einsichtsvollsten unter den Zeugen dahin, daß auswärtige Fabriken durch die Mängel in ihrer Einrichtung und in der Theilung der Arbeit, ferner durch die geringere Geschicklichkeit und Ausdauer der Arbeiter und den schwachen Unternehmungsgeist der Fabrikherren, verbunden mit der verhältnißmäßigen Geringschätzung, mit der man auf dem Festlande die Fabrikherren betrachtet, dem verhältnißmäßigen Kapitalmangel und mancherlei andern, uns vortheilhaften Umständen, zu jeder umfassendern Concurrenz mit unsern größern Fabrikanten unfähig sind.* Folgendes Zeugniß über diesen Gegenstand ist der Aufmerksamkeit des Hauses nicht unwürdig."

„„Ich wünsche zu wissen, ob Sie überhaupt glauben, daß für unsere Fabrikanten eine gefährliche Concurrenz entstehen würde, wenn Frankreich mit gleich guten und gleich wohlfeilen Maschinen, als wir besitzen, versorgt würde? — Sie werden uns immer nachbleiben, bis ihre allgemeine Lebensweise sich der unsrigen nähert; ja, aus mancherlei, von uns schon früher dargelegten Gründen müssen sie uns nothwendig nachstehen.""

„„Warum müssen sie das? — Aus denselben Gründen, in Folge deren z. B. ein Baumwollenfabrikant, der Manchester vor 7 Jahren verlassen hat, auf dem Markte von den Leuten, die nun an jenem Orte leben, verdrängt werden würde; vorausgesetzt, daß seine Kenntnisse nicht gleichen Schritt gehalten mit jenen, die während dieser Zeit immerfort aus den vorschreitenden Verbesserungen, die unterdessen eingetreten sind, Nutzen zogen. In dieser vorschreitenden Kenntniß und Erfahrung besteht eben unsere überlegene Kraft, unser großer Vorzug.""

„Es muß auch noch bemerkt werden, daß die beständigen, ja fast täglichen Verbesserungen, welche in unserm Maschinenwesen selbst und in der Art der Anwendung der Maschinen eintreten, die beständige Wirksamkeit aller uns eigenthümlichen Mittel und Vortheile voraussetzen. Es ist daher die Meinung verschiedener Zeugen, daß die Fabrikanten des vereinigten Königreichs, wegen der natürlichen und erworbenen Vortheile ihres Landes, auf Jahrhunderte hinaus den Vorzug haben würden, selbst wenn Europa jedes, gegenwärtig bei uns gebräuchliche Werkzeug, sammt dem Beistande englischer Werkleute in beliebiger Anzahl besäße. Auch sind Viele der Ansicht, daß, wenn die Maschinenausfuhr gestattet wäre, dieselbe oft in solchen Werkzeugen und Maschinen bestehen würde, welche jetzt, wenn auch bereits durch neuere Erfindungen und Verbesserungen veraltet, dennoch aus Mangel, sie los zu werden, zum Nachtheil der englischen Gewerbe und des englischen Handels noch ferner im Lande benutzt werden. Ferner ist es der Beachtung werth, und durch die Zeugnisse vollständig dargethan, daß ein solcher Zuwachs auswärtiger Nachfrage nach Maschinen der Erfindsamkeit und Geschicklichkeit unserer Arbeiter einen umfassendern Spielraum eröffnen würde. Ungeachtet der Wichtigkeit der jüngsten Verbesserungen im Maschinenwesen, müßten diese unter solchen Umständen wohl zu einem Grade anwachsen, der alles Frühere überträfe."

Aus den verschiedenen Thatsachen geht hervor, daß die unmittelbare Ausfuhr verbesserter Maschinen nicht so ganz sicher statt findet, als man gewöhnlich annimmt; daß vielmehr der mächtige Grundsatz des eigenen Interesses die Verfertiger antreibt, lieber ihren Absatz in einer andern Richtung zu erweitern.

Hat ein großer Maschinenbauer eine neue Maschine für einen besondern Prozeß erfunden, oder große Verbesserungen bei den bereits allgemein gebrauchten eingeführt, so wird er sich doch in den meisten Fällen, um sie abzusetzen, ohne Zweifel an seine nächsten und besten Kunden wenden, mit denen und deren Vermögensumständen, um einen Contract zu erfüllen, er am genauesten bekannt ist. Mit diesen tritt er in Verbindung und erbietet sich zur Annahme ihrer Aufträge für die neue Maschine, und so lange er die heimische Nachfrage hinreichend findet, um alle Kräfte seiner Anlage dafür zu verwenden, denkt er nicht an Absatz nach dem Auslande. Der Maschinenbauer ist folglich selbst dabei interessirt, seinen Landsleuten den ersten Vortheil einer neuen Erfindung einzuräumen.

Diejenige Arbeiterklasse, welche Maschinen baut, besitzt weit mehr Geschicklichkeit und wird weit besser bezahlt als die, welche die Maschinen blos benutzt. Bei dem Zugeständnisse freier Ausfuhr würde jene bessere Klasse ohne Zweifel auch mehr zunehmen; denn der höhern Löhne ohnerachtet, kann doch jetzt kein Land so gute und wohlfeile Maschinen liefern, als England. Das Land würde also, zum wahren Vortheil für sich selbst als seiner Abnehmer, die ganze Welt mit Maschinen versehen können. In Manchester und in der Umgegend sind ungefähr dreißigtausend Menschen in den Maschinenfabriken beschäftigt, welche Maschinen wiederum Hunderttausenden, die sich ihrer bedienen, Lebensunterhalt gewähren, und doch ist es noch gar nicht lange her, daß die Gesammtzahl der in den Baumwollenmanufacturen beschäftigten Menschen nicht bedeutender war, als jene derer, welche jetzt Maschinen für die übrige Fabrikenbevölkerung bauen. Sollte daher England einst das große Ausfuhrland von Maschinen werden, so würde es nothwendig eine zahlreiche Klasse von Arbeitern enthalten,

* Dieß kann jedoch nur noch sehr im Allgemeinen gelten, denn die neuere Zeit hat bewiesen, daß auch auf dem von den Engländern lächerlicher Weise so gering geschätzten Festlande eben so großartig angelegte, als vortrefflich betriebene Fabriken vorhanden sind. Professor Ure zu Glasgow urtheilt in seinem weiter oben näher citirten Werke „Ueber die Baumwollenfabrikation", sowohl in der Einleitung zum ersten, als auch im Schlußcapitel des zweiten Theils ganz richtig, indem er die Concurrenz in diesem großen Fabrikationszweige als bereits existirend annimmt. In mehren andern Zweigen ist es eben so. Nur in gewissen, besonders feinern Artikeln behauptet England noch seine Ueberlegenheit. Die Fabrikation auf dem Continent greift aber immer mehr um sich. Ure giebt nicht zu, daß der englische Arbeiter durchaus geschickter sei und mehr leistet; und eben so nicht, daß die englischen Maschinen aller Art besser und productiver seien. Zudem sei der Ausländer durch keine Fabrikbill beschränkt; man könne daher in einer gegebenen Zeit, mit denselben Maschinen, weit mehr arbeiten.

Digitized by Google

für welche Geschicklichkeit ein unentbehrliches Erforderniß wäre und die in Folge dessen höhern Lohn erhielten; und obgleich seine Fabrikanten dann verhältnißmäßig an Zahl geringer sein würden, so wären sie doch ohne Zweifel die Ersten, welche aus jeder Verbesserung Vortheil ziehen könnten. Unter solchen Umständen würde eine Verminderung in der Nachfrage nach Maschinen eine Klasse treffen, die weit fähiger ist, sie zu ertragen, als diejenige, welche jetzt bei jedem Nachlaß der Consumtion der Fabrikate leidet, und das daraus entspringende Elend würde folglich einen mildern Charakter annehmen.

Die gegen die Ausfuhr von Maschinen zu machenden Einwürfe hängen von der Annahme ab, daß die Nachfrage der Welt nicht hinreichend sei, um einen großen Theil der Arbeiter eines Landes, welches zu diesem Fabrikationszweige vorzugsweise geeignet ist, zu beschäftigen. Auch hat man gefürchtet, daß, wenn andere Länder erst einmal unsere Maschinen gekauft hätten, sie aufhören würden, andere zu verlangen. In Beziehung auf den ersten jener Einwürfe mag bemerkt werden, daß jetzt England wirklich nicht Arbeiter genug für die Maschinenfabriken hat, um viel mehr als den inländischen Bedürfnissen zu genügen, und daß durch ein stufenweises Steigen der Nachfrage auch nach und nach mehr Arbeiter entstehen würden. Um den andern Einwurf zu widerlegen, verweisen wir auf die gegebene Darstellung der gewöhnlichen Fortschritte in der Verbesserung der Maschinen, die zu einer Fabrikation benutzt werden und der durchschnittlich verlaufenden Zeit, ehe diese durch solche Verbesserungen veralten.

Nähmen die auswärtigen Käufer die von Engländern neu erfundenen Maschinen nicht so bald an, als sie sich dieselben verschaffen könnten, so würden unsere Fabrikanten ihre Etablissements ausdehnen und auf den eigenen Märkten ihrer Concurrenten wohlfeiler als diese verkaufen können. Es dürfte auch eingewendet werden, es gäbe bei jeder Art von Maschinerie ein Maximum erreichbarer Vollkommenheit, über welches hinaus man unmöglich gelangen könne, und allerdings sind die spätesten Fortschritte im Vergleich zu denen, welche ihnen vorhergehen, die langsamsten; man übersehe jedoch nicht, daß solche Fortschritte meist gemacht werden, wenn die Zahl der benutzten Maschinen bereits groß und folglich ihr Einfluß auf die Productionskraft sehr beträchtlich ist. Nehmen wir aber auch an, daß irgend eine Art von Maschinen nach langer Zeit zu einem Grade der Vollkommenheit gelangen könne, der keine Hoffnung auf weitere Verbesserungen übrig ließe, so läßt sich dieß doch nicht in Bezug auf alle Arten von Mechanismen zugeben. Vielmehr ist es factisch, daß die äußerste Grenze der Verbesserung selten erreicht wird, ausgenommen in ausgedehnten Zweigen der Nationalmanufacturen, deren Zahl selbst in jetziger Zeit sehr klein ist.

Die Naturerzeugnisse, mannigfaltig und zahlreich wie sie sind, können in Zukunft die Grundlage ausgedehnter Manufacturen werden und Millionen menschlicher Wesen Leben, Unterhalt und Wohlfahrt gewähren. Allein diese stets unsern Blicken ausgesetzten rohen Schätze enthalten noch andere, werthvollere Prinzipien in sich. Alle diese, in ihren unzähligen Verbindungen, die Jahrhunderte von Arbeit und Untersuchungen nie erschöpfen kann, sind in ewiger Reihenfolge dazu bestimmt, Quellen unserer Wohlfahrt und unseres Glücks zu werden. Wissenschaften und Kenntnisse sind bei ihrer Verbreitung und bei ihrem Wachsthum Gesetzen unterworfen, welche den die materielle Welt regierenden gänzlich entgegen sind. Sie sind ungleich den Gesetzen der Anziehung der Atome, die in gewissen Entfernungen auf einander zu wirken aufhören, oder denen der Schwere, welche sehr schnell mit steigender Entfernung von dem Centralpunkte abnimmt. Je mehr wir uns dagegen von dem Anfangspunkte unserer Kenntnisse entfernen, je größer werden sie, und eine um so größere Kraft gewähren sie ihren Pflegern, um ihrem Gebiet neuen Zuwachs hinzuzufügen. Weit entfernt, daß diese unausgesetzt und reißend wachsende Herrschaft die Erschöpfung so fruchtbarer Felder jemals befürchten ließe, gelangen wir vielmehr bei jedem Schritt vorwärts auf einen höhern Punkt, von wo aus sich dem die Vergangenheit überblickenden Geiste unwiderstehlich die Ueberzeugung aufdrängt, daß alles bereits Gewonnene in einem fortwährend abnehmenden Verhältnisse zu dem steht, was von dem sich immer mehr und mehr erweiternden Horizonte unseres Wissens umschlossen wird. Wenn aber die Kenntniß der physikalischen und chemischen Eigenschaften der uns umgebenden Körper und unser, wenn auch sehr unvollständiges Wissen, von den minder empfindbaren Stoffen, dem Lichte, der Elektricität und der Wärme, wodurch jene in ihren Verbindungen auf eine geheimnißvolle Weise umgewandelt werden, dazu beitragen, uns von derselben Thatsache zu überzeugen: so müssen wir doch noch an eine andere und höhere Wissenschaft erinnern, welche, selbst noch unerschöpflicher, mit Riesenschritten vorwärts eilt, und, nachdem sie die mächtigen Massen des Universums erfaßt und ihrer Bahnen Gesetze aufgefunden, uns in ihrer bestimmten Sprache Ausdrücke gegeben hat, die als Geschichte der Vergangenheit, wie als Verkündigung der Zukunft gelten. Dieselbe Wissenschaft dehnt jetzt auch ihre Gesetze auf die kleinsten Atome aus, welche die Natur erschuf; den Aether hat sie sich fast schon unterworfen, und alle die verwickelten und glänzenden Erscheinungen des Lichts zu einem harmonischen Systeme verbunden. Es ist die Wissenschaft des Calculs, die bei jedem Schritt unseres Vorwärtsgehens immer nothwendiger wird, und die zuletzt alle Anwendungen der Wissenschaften auf die Gewerbe des Lebens beherrschen wird.

Bei der Betrachtung dieser fortwährenden Vergrößerung des Gebietes menschlicher Kenntnisse könnte sich des Geistes ein Zweifel bemächtigen, ob der schwache Arm des Menschen die physische Kraft haben werde, um aus aller dieser Erkenntniß Nutzen zu schöpfen. Die Erfahrung der Vergangenheit hat dem Grundsatze: Kenntniß ist Kraft! das unzerstörbare Gepräge der Wahrheit aufgedrückt. Sie verleiht ihren Besitzern nicht blos die Macht über den Geist ihrer Mitmenschen, sondern sie selbst ist auch die Erzeugerin physischer Kraft. Die Entdeckung von der ausdehnenden Kraft des Dampfes, seiner Verdichtung und der latenten Wärme hat zu der Bevölkerung der civilisirten Welt schon viele Hände hinzugefügt. Aber die Quelle dieser Kraft ist nicht ohne Grenzen, und die Kohlenbergwerke werden endlich erschöpft werden. Allein, abgesehen von der Beobachtung, daß sich an der Mündung einiger der größten Ströme der Erde, unter dem Meeresboden, neue Lager dieses Minerals anhäufen, abgesehen von der Mög-

Digitized by Google

lichkeit der einstigen Anwendung anderer Fluida, die weniger Aufwand an Brennstoff erfordern, als das Wasser: bemerken wir nur, daß das Meer selbst eine immerwährende und bis jetzt fast unbenutzte Quelle von Kraft darbietet. Die Fluth hebt zweimal täglich eine ungeheure Wassermasse, die recht gut zum Betriebe von Maschinen benutzt werden kann, wie in England wiederholt angestellte Versuche deutlich bewiesen haben. Sollte man der Erwärmung aber auch dann noch bedürfen, wenn sie durch den erschöpften Zustand der Wälder, Stein- und Braunkohlenlager kostbar geworden sein wird, so werden gewiß lange vor dem Eintritt dieses Zeitpunktes andere Methoden zu ihrer Hervorbringung erfunden worden sein. Seit Jahrhunderten quillt mit unveränderter Temperatur heißes Wasser an verschiedenen Punkten der Erde hervor; auf der Insel Ischia braucht man diese Quellen nur um wenige Fuße zu vertiefen, so trifft man auf siedendes Wasser, und es ist kaum zu bezweifeln, daß, wenn man noch etwas tiefer bohrte, Dampf von hohem Druck aus der Oeffnung emporsteigen würde. Es ist dieß daher eine natürliche Quelle der Wärme, deren mehre über den Erdkörper verbreitet sind, da sie in der Nähe aller thätigen Vulkane vorkommen. Ob solch eine Entziehung der Wärme nach einem großen Maaßstabe nicht die Wirkung haben sollte, die Häufigkeit und die Intensität ihrer Ausbrüche zu vermindern, und ob solche Gegenden der Erde nicht die Bestimmung haben, die großen Mittelpunkte der Fabriken der Welt zu werden, müssen Zeit und Umstände entscheiden.

Schluss.

Nachdem wir nun die Grundsätze der Mechanik, welche bei der erfolgreichen Anwendung dieser Wissenschaft auf große Fabrikanlagen zum Grunde liegen, durchgegangen haben, wollen wir noch auf einige zu untersuchende Punkte hindeuten und für diejenigen, welche eine aufgeklärte Wißbegierde nach in- oder ausländischen Fabriken führt, einige Bemerkungen hinzufügen.

Es gilt fast von allen anzustellenden Untersuchungen, daß man sie unmittelbar, nachdem sie gemacht worden, niederschreiben muß, besonders wenn sie Zahlen enthalten.

Es ist häufig unmöglich, dieß noch, während man sich in der Anstalt befindet, zu thun, selbst wenn nicht der geringste Argwohn vorhanden ist, weil das sofortige Niederschreiben der mitgetheilten Nachrichten sehr störend auf die Untersuchung der Maschinen einwirkt. Es ist daher für dergleichen Fälle wünschenswerth, die etwa zu machenden Fragen schon vorher bereit zu haben und daneben für die meistens aus Zahlen bestehenden Antworten einigen Raum zu lassen. Wer dieß noch nicht versucht hat, wird erstaunen, wie viel lehrreichen Stoff man auf diese Weise, sogar bei noch so kurzer Untersuchungszeit, zu sammeln im Stande ist. Da aber jede Fabrik eine eigene Reihe von Fragen nothwendig macht, so wird man wohl daran thun, einen vorläufigen Besuch zu machen, um die Fragen aufsetzen zu können. Als Erläuterung mag der folgende, auf allgemeine Anwendung berechnete Umriß hinreichen. Um Zeit zu ersparen, ist noch anzuempfehlen, denselben gedruckt bei sich zu führen, so wie, in Form einer Brieftasche gebunden, hundert Exemplare der weiter unten folgenden Formulare für verschiedene Prozesse, nebst ungefähr zwanzig von den allgemeinern Fragen.

Allgemeine Fragen.

Umrisse zur Beschreibung irgend eines Gewerbes müssen über folgende Punkte Aufschlüsse geben.

Kurze Skizze ihrer Geschichte, besonders der Zeit ihrer Erfindung und Einführung.

Bündige Hindeutung auf die Zustände, welche die dabei benutzten Materialien bei den frühern Methoden zu durchlaufen hatten; Abstammungsorte; Preis einer bestimmten Quantität derselben.

Hier müssen der Reihenfolge nach und in Gemäßheit mit dem, weiter unten mitgetheilten Plan, die verschiedenen Prozeduren beschrieben und dann über folgende Gegenstände Erkundigungen eingezogen werden:

Werden die verschiedenen Arten des nämlichen Artikels in einer oder in mehren Anstalten angefertigt und giebt es Abweichungen in der Fabrikation?

Was für Ersatzmittel oder Verfälschungen kommen gewöhnlich vor?

Wie viel wird auf Abgang von dem Fabrikherrn gut gethan?

Wie probirt man die Güte des Fabrikats?

Gewicht oder Anzahl einer gegebenen Quantität und Vergleichung derselben mit der des rohen Materials.

Preise in der Manufactur?

Gewöhnlicher Detailpreis?

Wer schafft die Werkzeuge an? der Herr oder die Arbeiter?

Wer sorgt für die Ausbesserung derselben? der Herr oder die Arbeiter?

Wie hoch belaufen sich die Betriebskosten der Maschinen?

Wie viel wird jährlich abgenutzt und von welcher Dauer sind die Maschinen?

Ist die Anfertigung der Maschinen ein besonderes Gewerbe? Wo werden sie erbaut?

Werden sie in der Fabrik selbst angefertigt oder ausgebessert?

Beim Besuch einer jeden Fabrik ist die Zahl der Prozesse, die Zahl der bei jedem einzelnen Prozesse angestellten Personen, so wie die Größe der Fabrikation anzumerken.

Ferner die ungefähre Größe des bei der Fabrik angelegten Kapitals;

Die vorzüglichsten Fabrikplätze für dieses Fabrikat. Zeichnet sich das Ausland darin aus, so merke man sich wo?

Die Zölle, Steuern und sonstigen Abgaben, wenn solche erhoben werden, sind anzumerken; auch etwanige frühere Abänderungen, so wie der Betrag der durchschnittlichen Ein- und Ausfuhr in einer gewissen Reihe von Jahren.

Ob derselbe Artikel eingeführt werde, und ob er von besserer, gleicher oder geringerer Güte der Fabrikation ist?

Exportirt der Fabrikant sein Fabrikat selbst, oder verkauft er es an einen Vermittler, der wieder die Händler damit versieht?

Wohin wird die Waare hauptsächlich verführt, und aus welchen Artikeln besteht die Rückfracht?

Digitized by Google

Jeder Prozeß erfordert ein besonderes Formular; das folgende dürfte für viele verschiedenartige Fabriken genügen:

Prozeß ( ) Fabrik ( )
Ort ( ) Name ( )
Datum 183

Art und Weise der Fabrikation, nöthigenfalls nebst Skizzen der Werkzeuge und Maschinen.

Anzahl der zur Bedienung der Maschinen erforderlichen Personen.

Bestehen die Arbeiter aus Männern ( ), Weibern ( ), oder Kindern ( )? Angabe des Verhältnisses, wenn das Arbeiterpersonal gemischt ist.

Wie viel Lohn erhält ein Jeder?

	Rthlr.	Sgr.	Pf.
Männer:			
Weiber:	"	"	"
Kinder:	"	"	"

per Tag oder per Woche.

Wie viel Stunden ( ) arbeiten sie täglich?

Wird die Arbeit stückweis oder nach Tagewerken verrichtet?

Wer schafft die Werkzeuge an? der Herr oder die Arbeiter? Wer sorgt für deren Ausbesserung? der Herr oder die Arbeiter?

Welcher Grad der Geschicklichkeit ist erforderlich und wie viel Jahre ( ) Lehrzeit?

Wie oft wird die Operation in einem Tage oder in einer Stunde wiederholt? ( )

Wie oft mißlingt sie in tausend Malen?

Wer ersetzt den durch das Zerbrechen oder Beschädigen der Artikel entstehenden Verlust, die Arbeiter oder der Herr?

Was macht man mit den beschädigten Artikeln?

Wird der Prozeß mehrmals wiederholt, so ist auch die Ab- und Zunahme des Maaßes und der etwanige Verlust bei jedesmaliger Wiederholung anzumerken.

Bisweilen sind in dergleichen Formularen die Antworten sogleich daneben gedruckt, wie z. B.: Wer besorgt die Ausbesserung der Werkzeuge? Herr, Arbeiter. Die richtige Antwort braucht alsdann nur mit Bleifeder unterstrichen zu werden. Bei der Ausfüllung der aus Zahlen bestehenden Antworten muß man sehr auf seiner Hut sein. Steht z. B. der Beobachter mit der Uhr in der Hand vor einer Person, die Köpfe auf die Nadelschäfte setzt, so darf man es fast als gewiß annehmen, daß sie rascher als gewöhnlich arbeiten wird, so daß die Schätzung zu hoch ausfallen wird. Ein weit besseres Durchschnittsmaaß ergiebt sich, wenn man sich nach dem Betrage einer vollen Tagearbeit erkundigt. Kann dieß nicht angegeben werden, so läßt sich die Anzahl der in einer gegebenen Zeit ausgeführten Operationen häufig dann ermitteln, wenn der Arbeiter nicht wahrnimmt, daß man ihn beobachtet. So kann der Schall, den die Bewegung eines Webestuhls macht, den Beobachter, selbst wenn er sich gar nicht in dem Fabrikgebäude befindet, in den Stand setzen, zu zählen, wie viel Schläge in der Minute geschehen.

Oft lassen sich auch manche Antworten, statt sie direct zu erfragen, durch eine kurze Berechnung nach den erhaltenen oder bereits bekannten Angaben selbst finden, und solche Berechnung sollte man stets dazu benutzen, um sich von der Genauigkeit der Angaben zu überzeugen, oder, wenn sich dieselben widersprechen, die scheinbare Abweichung auszugleichen. In manchen Fällen aber sollte man sich erst von der gesunden Urtheilskraft derjenigen überzeugen, denen man, um durch sie Erkundigungen einzuziehen, dergleichen Fragelisten anvertraut. Die Fragen lassen sich nämlich so stellen, daß die Beantwortung einiger zugleich eine indirecte Beantwortung der andern enthalte, und es kann daher eine oder die andere Frage in die Liste eingeschoben werden, deren Beantwortung auf Umwegen zu ermitteln ist; was beiläufig nicht ohne seinen Nutzen ist, wenn wir den Grad von Scharfsinn kennen lernen wollen, den wir selbst besitzen. Ehe man mißt oder zählt, mache man eine ungefähre Schätzung der beobachteten Gegenstände, welches viel zur Schärfung der Aufmerksamkeit und der Urtheilskraft beiträgt.

Digitized by Google

Erster Theil.

Maschinenwesen.

Erstes Capitel.

Von den bewegenden Kräften im Allgemeinen.

Um den in der vorhergehenden Einleitung dargelegten Plan zu verfolgen, ist es nöthig, daß, ehe wir die Verfahrungsarten in den verschiedenen Fabriken beschreiben, wir die Grundprinzipien der Maschinen, durch welche die Operationen von jenen geleitet werden, so wie auch die übrigen allgemein angewendeten Maschinen beschreiben und erläutern. Denn es ist klar, daß, wenn wir die einfachen Maschinen nicht gehörig verstehen, es unmöglich sein muß, ihre Operationen in den zusammengesetzten und verwickelten Formen, in denen sie in den zu beschreibenden Fabriken angewendet werden, zu begreifen.

Bei den Alten wurde der Ausdruck Maschine* von jedem Werkzeuge zur Verfertigung irgend eines Gegenstandes, zur Ausführung irgend einer Arbeit gebraucht; bei uns hat derselbe eine eingeschränktere Bedeutung, ist aber immer nicht fest bestimmt. Die beste Definition von Maschine, in Beziehung auf Fabriken- und Manufacturwesen, scheint die zu sein: eine Construction, mittelst welcher verschiedene mechanische Kräfte in der Absicht mit einander verbunden werden, um eine bestimmte Wirkung hervorzubringen. Diese besteht bei jeder Maschine darin, daß eine gewisse, an einem Theil — dem Angriffspunkt — angebrachte Kraft, auf einen andern Theil, der eine mechanische Operation ausführen soll, übertragen wird. Wir wollen daher zuvörderst die Natur der Kräfte, durch welche Bewegung mitgetheilt wird und die wir im Allgemeinen bewegende Kräfte nennen, — zweitens derjenigen Kräfte, welche bei der unvollkommenen Beschaffenheit der Maschinen das Bestreben haben, die Bewegung zu hindern und ihr entgegen zu wirken, und die daher retardirende Kräfte oder Hindernisse der Bewegung genannt werden — und zuletzt solcher Kräfte, welche angebracht werden, um die aus der veränderlichen Differenz der beiden erstern entstehende Bewegung zu modificiren und zu reguliren, und die daher regulirende Kräfte genannt werden mögen — untersuchen.

Die bewegenden Kräfte können in folgende fünf Klassen getheilt werden:

1) Die Muskelkraft der Menschen.
2) Die Muskelkraft der Pferde und andern Thiere.
3) Die Kraft oder Stärke des Windes.
4) Das Gewicht und die bewegende Kraft des Wassers.
5) Die Expansivkraft und die plötzliche Verdichtung des Dampfes.

Um eine Vergleichung zwischen den aus diesen verschiedenen Ursachen der Bewegung hervorgehenden Wirkungen anzustellen, ist es wenigstens zweckmäßig, wo nicht nothwendig, ein gemeinschaftliches Normalmaaß, oder eine bestimmte dynamische Einheit festzusetzen. In England gebraucht man dazu eine Pferdekraft, und man wollte vielleicht Anfangs die mittlere Wirkung eines Pferdes damit ausdrücken. Mehre neuerlich in England mit großer Sorgfalt angestellte Versuche haben jedoch ganz entschieden dargethan, daß die Nominalpferdekraft die wirkliche Kraft des stärksten Pferdes, wenn es Tag für Tag fortarbeitet und weit mehr noch die mittlere Kraft der Pferde, weit übertrifft. Indessen ist dieß unwesentlich und wir verstehen hier unter Pferdekraft eine Kraft, mag sie nun aus einer Quelle entstehen, welche sie wolle, die im Stande ist 33,000 englische Pfunde (26,320 Cöln. Pfunde) in einer Minute einen Fuß hoch zu heben, oder genauer noch eine solche

*) Die Engländer gebrauchen häufig statt Machine das Wort Engine, im Allgemeinen synonym und willkührlich, hin und wieder z. B. bei Steam-Engine — Dampfmaschine — und bei solchen, deren Operationen sehr genau sein müssen, ausschließlich.

Digitized by Google

Kraft, daß das von ihr in einer Minute gehobene Gewicht, multiplicirt mit der Anzahl der Fuße, auf die es gehoben worden, die obige Zahl 33,000 giebt, jeden Widerstand, mit Ausnahme der Belastung selbst, unberücksichtigt gelassen. Diese Unterscheidung führt uns zu einer andern Betrachtung, namentlich zu der des Maximums einer Pferdekraft zu mechanischem Nutzeffect. Wenn wir annehmen, daß 33,000 Pfund, einen Fuß hoch in einer Minute gehoben, eine Pferdekraft ist, so ist es einleuchtend, daß zur Hebung dieser Last ohne Maschinenkraft, die Muskelkraft der Thiere überall nicht ausreicht. Auf der andern Seite aber, 1 Pfund 33,000 Fuß hoch zu heben, ist nicht in Uebereinstimmung mit der thierischen Geschwindigkeit. Die Zahl 33,000 muß daher in zwei Factoren getheilt werden, von denen der eine das Gewicht in Pfunden und der andere die Anzahl der Fuße, die in der Minute gehoben werden können, ausdrückt, so daß das Product beider die verlangte Zahl hervorbringen kann und zwar auf solche Weise, daß beide, das Gewicht und die Geschwindigkeit, am besten der Thierkraft angepaßt sind.

Aus einer Reihe sehr sorgfältig angestellter Versuche geht hervor, daß die Geschwindigkeit, mit welcher sich ein Pferd bei Leistung des höchsten mechanischen Effects bewegen kann, 220 Fuß in der Minute beträgt, bei welchem Verhältniß nach der obigen Annahme einer Pferdekraft, der zu überwindende Widerstand oder das Gewicht 150 Pfund betragen wird. Aus den Beobachtungen über den Widerstand, den die Kanalböte leisten, die häufig in der obigen Geschwindigkeit, d. h. $2^1/_2$ englische Meile oder etwas mehr als eine halbe deutsche Meile in einer Stunde gezogen werden, scheint jedoch zu folgen, daß ein Pferd mit Vortheil nur 100 Pfund Last zu überwinden vermag und daß bei derselben und bei einer Geschwindigkeit von einer halben Meile in der Stunde, oder 220 Fuß in der Minute, oder $3^2/_3$ Fuß in der Secunde, der beste Effect erreicht wird. Es scheint demnach, daß die wirkliche mittlere Pferdekraft 22,000 Pfund, 1 Fuß hoch in einer Minute gehoben, gleich erachtet werden müsse.

Um zu zeigen, welche große Ersparniß bei Anwendung der Pferde durch ein Verhältniß der Geschwindigkeit und der zu überwindenden Kraft zu der Beschaffenheit der thierischen physikalischen Kräfte erlangt wird, können wir durch das Beispiel der sehr schnell gehenden englischen Landkutschen anführen. Die Besitzer derselben halten es für nothwendig, auf jede englische Meile ein Pferd zu nehmen, um den Wagen hin und her zu ziehen, d. h. auf einer Strecke von 80 englischen Meilen (14 Meilen engl. = 3 Meilen preuß.) werden 80 Pferde angewendet, auf einer Strecke von 100 Meilen 100 Pferde u. s. f., so daß, die Ruhe mit berücksichtigt, jedes Pferd täglich nur 8 engl. (1,7 preuß.) Meilen macht. Ferner wird das mittlere Gewicht solcher Wagen mit Personen und Gepäck zu ungefähr 4200 englischen Pfunden angenommen und der Widerstand auf den besten englischen Kunststraßen beträgt ungefähr $^1/_{30}$ von der gezogenen Last, so daß die zur Ueberwindung des von einem solchen Wagen geleisteten Widerstandes erforderliche Kraft 140 Pfund beträgt. Um dieß zu bewirken, sind vier Pferde erforderlich, von denen folglich jedes eine Kraft von 35 Pfund auszuüben hat. Das Maaß einer täglichen Pferdekraft ist daher 35 Pfund × 8 engl. Meilen = 280, wenn die Pferde

sich mit einer Geschwindigkeit von 10 engl. (2,14 preuß.) Meilen in einer Stunde bewegen. Wenn man dahingegen die Geschwindigkeit auf $2^1/_2$ engl. Meilen in der Stunde reducirt, so wird das Pferd im Stande sein, 100 Pfund zu ziehen und 8 Stunden lang oder 20 engl. Meilen zu arbeiten. Wir haben daher als Maaß seines Tagewerks in dem Verhältniß dieser Geschwindigkeit 100 Pfund × 20 Meilen = 2000, welches mehr als das Siebenfache von dem mechanischen Effect, der bei einer Geschwindigkeit von 10 Meilen in der Stunde hervorgebracht worden ist. Bei dem hier angeführten Beispiel einer sehr schnell gehenden Landkutsche ist der Verlust an Kraft, um Geschwindigkeit zu gewinnen, unvermeidlich; bei einer Roßmühle oder einem Pferdegöpel aber, wo wir es in unserer Gewalt haben, die Geschwindigkeit zu wählen, ist der Vortheil, auf die Fähigkeit der Thiere zu achten, hinlänglich einleuchtend. In der zweiten Abtheilung dieses Theils, in der wir von den Eisenbahnen handeln, kommen wir auf den Gegenstand zurück.

Nach diesen kurzen Bemerkungen über die dynamische Einheit, so wie sie hauptsächlich von den englischen Mechanikern angenommen worden und wie sie sehr zweckmäßig zum praktischen Gebrauch ist; nachdem wir ferner von dem Ueberschuß dieser Einheit über diejenige, welche sie darstellen soll, geredet haben, müssen wir nun zeigen, wie viel eine durch Pferdekräfte bezeichnete Maschine, wenn sie durch Dampf, Wasser u. s. w. betrieben wird, die Anzahl der Pferde übersteigt, welche angewendet werden müßten, um dieselbe Wirkung in 24 Stunden, indem sie Tag und Nacht arbeiten, hervorzubringen. Nehmen wir eine Dampfmaschine von 10 Pferdekräften als Beispiel; wir haben gesehen, daß eine künstliche Pferdekraft, so wie wir sie hier angenommen haben, durch 33,000 ausgedrückt wird; daß ferner die wirkliche mittlere Kraft eines Pferdes, soll es unter den vortheilhaftesten Bedingungen arbeiten, nicht höher als 22,000 angenommen werden kann; daß erstere 24 Stunden hinter einander und letztere nur 8 Stunden hinter einander zu arbeiten vermag. Wir erhalten alsdann die folgenden Zahlen, um die relativen Wirkungen auszudrücken; nämlich für die Maschine 33,000 Pfund × 24 Stunden × 10 Pferde = 7,920,000, und in dem andern Fall, wo fortwährend Pferde benutzt werden, 22,000 Pfund × 8 Stunden × 10 Pferde = 1,760,000; daher 176 : 792 = 10 : 45. Wenn daher eine Dampfmaschine von 10 Pferden Nominalkraft Tag und Nacht im Betriebe erhalten wird, so würden 45 Pferde erforderlich sein, um dieselbe Wirkung in derselben Zeit auszuführen. Berücksichtigt man den Aufenthalt, das Schmieren u. s. w., so ist jede Nominalpferdekraft bei einer Dampfmaschine, wenn sie Tag und Nacht arbeitet, gleich 4 Pferden, wenn sie 12 Stunden im Betriebe ist, gleich 2 Pferden, und wenn sie 8 Stunden täglich umgeht, gleich $1^1/_2$ Pferden. Dieß ist eine sehr wichtige Rücksicht, wenn wir bei der Auswahl der bewegenden Kräfte besonders auf die Ersparung unser Augenmerk richten.

Bei der Erklärung und Erläuterung der dynamischen Einheit oder Pferdekraft sind wir auf den Betrag einer wirklichen Pferdekraft gelangt, obwohl, wenn wir systematisch verfuhren, wir zuerst von der Menschenkraft reden

Digitized by Google

mußten. Die Versetzung war übrigens gewissermaßen unvermeidlich.

Muskelkraft der Menschen als bewegende Kraft. — Ueber die Muskelkraft der Menschen als bloße Quelle mechanischer Wirksamkeit, sind von Desaguliers, Smeaton und Andern Versuche angestellt. Die Resultate solcher Versuche sind sehr verschieden, weil die Menschen nicht allein in ihrer absoluten Muskelkraft sehr verschieden sind, sondern auch in der Fähigkeit, sie auf verschiedene Weise anzuwenden. An der Winde kann ein Mann eine weit größere Kraft ausüben als ein anderer; läßt man aber dieselben Leute rudern, so kann das Umgekehrte statt finden. Bildet dagegen der zu durchgehende Raum einen Theil von der Anstrengung, wie dieß z. B. der Fall ist, wenn Sand oder Schutt von einem Ort zum andern geschafft werden müssen, so finden wir, daß hierbei mancher Mensch eine bedeutende Kraft entwickelt, der in den genannten Fällen nur wenig wirkt. Daher dürfen wir kaum erwarten, irgend ein bestimmtes Maaß von der menschlichen Kraft zu bekommen, wenn wir sie als eine bloße Quelle von mechanischer Wirksamkeit betrachten. Smeaton hat mittelst einer durchschnittlichen Annahme von mehren Beobachtungen gefunden, daß fünf gute englische Arbeiter ungefähr so viel leisten können als ein Pferd. Dieß muß aber als die wirkliche und nicht als die nominelle Einheit angesehen werden. Die Kraft eines Mannes ist daher eine solche, mit der man im Stande ist, in einer Minute 4400 Pfund 1 Fuß hoch zu heben, oder in einer Minute 30 Pfund 146 Fuß hoch. Wir wissen wohl, daß dieß weniger als das ist, womit zuweilen die Kraft eines Menschen ausgedrückt worden; allein da Smeaton's Versuche das Verhältniß zwischen der wirklichen Kraft eines Menschen und eines Pferdes durch 1 zu 5 ausgedrückt hat, und die Pferdekraft nur zu 22,000 gefunden worden ist, so kann die eines Menschen nicht mehr als die angegebene sein. Einige Mechaniker nehmen auch das Verhältniß zwischen der Kraft eines Mannes und eines Pferdes wie 1 zu 6 an und drücken jene durch 3600 aus, allein dieß ist jedenfalls irrig. Viel hängt übrigens von der Beschaffenheit der Kraftäußerung ab, und ob der Mann daran gewöhnt ist, die Kraft auf die erforderliche Weise anzuwenden.

Es ist fast unmöglich, ein Pferd als bewegende Kraft ohne Platzveränderung anzuwenden, d. h., ohne daß es vermocht wird, sich durch einen gewissen Raum zu bewegen, und wir sahen, daß, um die größte Wirkung hervorzubringen, dieser Raum täglich 20 engl. (4,3 preuß.) Meilen betragen müsse. Nun ist aber die bloße Anstrengung des Durchlaufens von diesem Raum ohne irgend ein Ziehen ein großer Abzug von seiner absoluten Kraft. Dasselbe findet bei dem Menschen statt, wenn mit seiner Anstrengung Veränderung des Orts verbunden ist; alle bei der Bewegung seines Körpers über diesen Raum angewendeten Muskelkräfte gehen von der mechanischen Wirkung verloren, und wirklich hat man gefunden, daß ein Mann die größten Leistungen erfüllt, wenn er auf einem Platze bleibt, wie an der Winde und am Ruder; denn obgleich er sich in dem letztern Fall wirklich von einem Platz zum andern bewegt, so geschieht dieß doch nur mit geringer Anstrengung der Muskeln. An der Winde ist die einzige nicht wirksame Muskularanstrengung die des Hebens von dem Schwerpunkt

des Körpers von der niedrigsten, gebückten zu der aufrechten Stellung. Beim Rudern besteht sie darin, dem Körper von einer nach hinten geneigten Lage in dieselbe nach vorwärts zu bringen und da sie geringer ist, als bei der vorhergehenden, so ist der Mensch im Stande, bei dieser Art der Kraftäußerung mehr Nutzeffect zu produciren, als in jeder andern. Die nächste beste Methode der Kraftäußerung ist die an der Winde und die dann folgende an der Ankerspille oder Ankerwinde; denn obgleich hierbei eine bedeutende Ortsveränderung obwaltet, so hat doch der Angriff der Muskelkraft eine vortheilhafte Richtung und da die Richtung hoch und die Dauer der Anstrengung gering ist, so giebt es vielleicht keine andere Weise der vortheilhaften Anwendung der menschlichen Muskelkraft.

Eine Art der Anwendung der menschlichen Kraft bei gezwungener Arbeit giebt das Tretrad, welches wir weiter unten näher kennen lernen werden. Wir bemerken hier nur, daß die erforderliche Anstrengung darin besteht, daß der Mensch fortwährend sein eigenes Gewicht hebt. Wir dürfen daher im Durchschnitt annehmen, daß er ein Gewicht von 140 oder 150 Pfund heben müsse, wogegen wir gesehen haben, daß der stärkste Nutzeffect hervorgebracht wird, wenn der Mensch ungefähr nur 30 Pfunden entgegenwirkt. Obwohl nun bei dieser Maschine keine Kraft durch eine Ortsveränderung verloren geht, so gewährt sie dennoch eine sehr unvortheilhafte Anwendung der menschlichen Kraft, da ihre Belastung das Maximum der Wirkung um das Fünffache übersteigt. Dennoch aber ist die Arbeit für den Faulen und Liederlichen sehr zweckmäßig.

Dieß sind die hauptsächlichsten Fälle, in denen die Muskelkraft der Menschen als bewegende Kraft angewendet wird, ausgenommen dann, wenn die erforderliche Kraft zu gering ist, so daß keine weitere Hülfe erforderlich, oder wenn zu der Operation sowohl Geschicklichkeit als Kraft nöthig ist. Es scheint aus dem Gesagten hervorzugehen, daß der Mensch von seinem Schöpfer zu einer höhern Wirksamkeit bestimmt ist — zur Anwendung seiner Geschicklichkeit und Erfindungsgabe; um die Wirkungen der Thiere, der Luft, des Wassers und des Feuers sich zu unterwerfen und nur dann, wenn Geschicklichkeit und Leitung erforderlich ist, muß er selbst ein mechanisches Agens werden.

Der Wind als bewegende Kraft. — Von allen mechanischen Agentien ist der Wind das unbezwingbarste, das unsicherste, und seine Wirkungen sind am schwierigsten zu bestimmen, nicht wegen irgend etwas Geheimnißvollen in der Beschaffenheit seiner Wirkung, sondern nur wegen seiner natürlichen Veränderlichkeit. Wenn wir die Geschwindigkeit des auf einen dadurch zu bewegenden Körpers reguliren könnten, so würde es keine Schwierigkeit haben, seine Wirkung im Vergleich zu andern Kräften zu reduciren, allein sein ewiger Wechsel, nicht allein in der Richtung, sondern auch in der Kraft, macht dieß fast unmöglich. Könnte die Geschwindigkeit bestimmt werden und bliebe sie constant, so ließe sich der Druck des Windes auf irgend eine gegebene Fläche leicht berechnen, indem er dann gleich wäre dem Gewicht einer Luftsäule von atmosphärischer Dichtigkeit und von solcher Höhe, daß ein von derselben herabfallender schwerer Körper die gegebene Geschwindigkeit annehmen würde. Verhält sich nun die mittlere Geschwindigkeit der

Digitized by Google

Luft zu der des Wassers $= {}^1/_{800} : 1$, so können wir leicht den Druck in Pfunden avoir du pois (1 Pound avoir du pois = 16 Ounces = 31,018 Cölnische Loth) auf 1 Quadratfuß Oberfläche und daher den Druck für jede Oberfläche bestimmen. Es sei v die Geschwindigkeit in Fußen in der Secunde, so bezeichnet g 16′/$_6$ Fuß den Raum, welchen ein schwerer Körper in einer Secunde durchfällt. Wir haben alsdann $v = 2\sqrt{gs}$ oder $s = \frac{v^2}{4g}$ für die Höhe der Luftsäule, deren Druck oder Gewicht auf den Quadratfuß (den Kubikfuß Wasser zu 62½ Pfund angenommen) daher sein wird $p = \frac{62{}^1/_2 v^2}{3200 g}$ Pfund. Jedoch scheint diese theoretische Ableitung nicht mit der wirklichen Beobachtung übereinzustimmen, sobald die Geschwindigkeiten beträchtlich sind, wovon die Ursache wahrscheinlich in der elastischen Beschaffenheit der Luft zu suchen ist; und da unsere Untersuchungen hier mehr praktisch als theoretisch sind, so müssen wir uns mit der Angabe des wirklich beobachteten Druckes auf einen Quadratfuß Oberfläche und bei verschiedenen Geschwindigkeiten nach Smeaton begnügen.

Engl. Meilen in 1 Stunde.	Fuß in der Secunde.	Druck auf den Quadratfuß in Pfunden.
1	1,47	0,005
2	2,93	0,020
3	4,40	0,044
4	5,87	0,079
5	7,33	0,123
10	14,67	0,492
15	22,00	1,107
20	29,34	1,968
25	36,67	3,075
30	44,01	4,429
35	51,34	6,027
40	58,68	7,873
45	66,01	9,963
50	73,35	12,300
60	88,02	17,715
80	117,36	31,490
100	146,70	49,200

Nachdem wir auf diese Weise die senkrechte Kraft des Windes auf eine gegebene Oberfläche kennen gelernt, haben wir nun noch die Art und Weise zu betrachten, wie man ihn zu mechanischen Zwecken benutzen kann. Es geschieht dieß gewöhnlich durch Windmühlenflügel, die in schiefer Richtung zu der Ebene ihrer Bewegung und zu der Richtung des Windes stehn, so daß, wenn der Wind darauf stößt, seine Kraft in zwei Kräfte zerlegbar ist, die eine nach der Richtung der Bewegung der Flügel und die andere senkrecht darauf. Mittelst der erstern wird die rotatorische Bewegung und die Wirkung hervorgebracht. Hier entsteht dann die andere Frage, nämlich, welches der Winkel sein müsse, unter welchem die Flügel zu stellen sind, um die beste Wirkung hervorzubringen? Hätten wir nur den Winkel zu bestimmen, unter welchem die Flügel gestellt werden müßten, um den größten Impuls von dem Winde rechtwinklig

auf seine Richtung zu erlangen, angenommen daß die Flügel in Ruhe befindlich sind, so müßten wir 45° finden; allein dieser Winkel würde nicht die größte Geschwindigkeit geben; um diese zu erreichen, muß der Winkel ungefähr 55° betragen. Jedoch kann keiner von diesen Winkeln die größte mechanische Wirkung geben. Bei der Windmühle ist, wie bei allen andern Maschinen, eine gewisse Geschwindigkeit, die einem gewissen Gewicht entgegenwirkt, erforderlich, um die größte Wirkung hervorzubringen. Man erlangt diese im Allgemeinen weit besser durch wirkliche Versuche, als durch theoretische Deductionen, wie werthvoll die letztern auch bei der Leitung der ersten experimentellen Untersuchungen sein mögen. Wir werden hierüber einige Bemerkungen bei der Beschreibung dieser wichtigen Maschine mittheilen, indem wir hier nur eine allgemeine Erläuterung von der Beschaffenheit des Windes als bewegende Kraft geben können. Die Neigungswinkel der Flügel, ihre Größe, Gestalt und allgemeine Einrichtung, werden auch bei den Windmühlen selbst abgehandelt.

Wasser als bewegende Kraft. — Das Wasser wirkt entweder durch sein Gewicht allein, oder durch seinen Stoß allein, oder durch beide im Verein, oder durch seinen Druck als bewegende Kraft. In den erstern Fällen wirkt es gewöhnlich blos durch Räder, in letzterm Falle erfolgt seine Wirkung auf einen Kolben.

Die Beschaffenheit seiner Wirkung auf verschiedene Räder in diesen verschiedenen Fällen wird weiter unten, in dem Capitel von den Wasserrädern, speciell beschrieben werden; hier wird es hinreichend sein, den allgemeinen Charakter der Wirksamkeit des Wassers zu erklären. In dem erstern Fall ist die Peripherie des Rades mit einer Reihe von Schaufeln versehen, deren Gestalt und Anzahl an dem erwähnten Orte erklärt werden wird. Die Schaufeln nehmen das Wasser über dem Mittelpunkt oder über der Welle des Rades auf, und da dieß dadurch auf dieser Seite schwerer wird, so erfolgt eine Bewegung, und da frische Schaufeln in die besondere Höhe gelangen, um Wasser aufzunehmen, während sich die unten befindlichen entleert haben, so entsteht ein fortwährendes Bestreben nach Bewegung und folglich eine Umdrehung. Auf manche Räder dieser Art fällt das Wasser von einer gewissen Höhe in die Schaufeln an dem obersten Punkte des Rades, und wirkt zuvörderst durch den Stoß und dann durch das Gewicht. Man nennt die Räder dieser Art oberschlächtige.

Wirkt das Wasser nur durch seinen Stoß, so ist der Umkreis des Rades nicht mit verschlossenen Schaufeln oder Zellen, sondern nur mit solchen Schaufeln versehen, gegen welche es stoßen kann. Ist nun der Stoß des Stroms noch durch einen Fall desselben vermehrt, so wird das Rad umgetrieben, und die Kraft wird jeder zu bewegenden Maschine mitgetheilt. Räder dieser Art nennt man unterschlächtige. Sie erfordern bei weitem mehr Wasser als die oberschlächtigen und müssen daher breiter gemacht werden.

Wenig von den oberschlächtigen verschieden sind die mittelschlächtigen Räder, bei denen das Wasser an einer zwischen dem obern und untern Theil des Umkreises liegenden Stelle auffällt. Sie erfordern aber ebenfalls eine

Digitized by Google

größere Wassermenge zur Bewegung; auch giebt man ihnen gewöhnlich etwas mehr Breite, damit durch die Quantität des auffallenden Wassers das wieder ersetzt werde, was durch Verminderung der Druckhöhe verloren geht.

Die obigen sind die hauptsächlichsten Methoden, in denen das Wasser als bewegende Kraft wirkt und unser Gegenstand hier ist nur der, so weit als es uns möglich ist, die Stärke der Wirkung in irgend einem gegebenen Fall in Ausdrücken unserer dynamischen Einheit, oder in Pferdekräften, zu bestimmen. Unglücklicher Weise ist dieß aber nicht sehr leicht, oder wenigstens durchaus nicht genügend auszuführen.

Wenn das Aufschlagewasser für ein oberschlächtiges Rad seine ganze Wirkung leistete, so würden wir sogleich im Stande sein, die Größe dieser Wirkung in Pferdekräften auszudrücken; allein unglücklicher Weise findet noch eine große Unsicherheit in dem Verhältniß zwischen dem wirklichen Quantum der Aufschlagewasser und benutzten Wassermenge, und der mechanischen Wirkung, die es unter verschiedenen Umständen hervorbringt, statt. Dieselbe Bemerkung läßt sich auch auf die unterschlächtigen und mehr noch auf die mittelschlächtigen anwenden. Aus verschiedenen Versuchen des Hrn. Smeaton scheint hervorzugehen, daß bei den oberschlächtigen Wasserrädern das Verhältniß zwischen der Kraft und dem Maximum der Wirkung, von dem von 10 zu 7,6 bis zu dem von 10 zu 5,2 oder fast von 4 zu 3 bis 4 zu 2, verschieden ist. Das erstere Verhältniß gehört zu den Fällen, in welchem die Menge des benutzten oder des sogenannten Aufschlagewassers die geringste, das letztere zu denen, in welchem das meiste Wasser vorhanden war. Smeaton nimmt daher an, daß das Verhältniß von 3 zu 2 ein mittleres zwischen der Kraft und dem Nutzeffect bei oberschlächtigen Wasserrädern sei, während bei unterschlächtigen Rädern das Verhältniß der Kraft zum höchsten Nutzeffect wie 3 zu 1 ist. Daher ist das Verhältniß des Nutzeffectes zwischen ober- und unterschlächtigen Rädern, die beide unter den vortheilhaftesten und unter gleichen Umständen der Menge des Aufschlagewassers und des Gefälles wirken, wie 2 zu 1.

Wenn nun diese Verhältnisse auf einer einigermaßen sichern Basis beruheten, so würden sie uns sogleich in den Stand setzen, den Effect eines Wasserrades mit der Einheit der mechanischen Kraft und folglich mit der Kraft eines Pferdes oder der Dampfmaschine zu vergleichen. Wir würden dann nur die Menge und das Gewicht des Aufschlagewassers in einer Minute und die mittlere Höhe des Gefälles zu bestimmen haben, dann das Gewicht in Pfunden mit der Fußzahl multipliciren und das Product mit 33,000 dividiren. Dieß würde die Größe der bewegenden Kraft in Pferdekräften geben, und zwei Drittel von den obigen Verhältnissen würden den Nutzeffect für ein oberschlächtiges und ein Drittel davon den für ein unterschlächtiges Rad geben.

Unglücklicher Weise sind aber die obigen Verhältnisse von Versuchen entlehnt, welche nach einem zu kleinen Maaßstabe angestellt worden, bei denen zwar alle Sorgfalt angewendet wurde, um Richtigkeit zu erlangen, die aber nur ein Mittel zwischen $^1/_7$ und $^1/_4$ gaben. Sie können daher durchaus nicht mit Sicherheit in praktischen Fällen angewendet werden, so daß sie uns nur einigermaaßen bei der

Bestimmung der, von einer gegebenen Quantität Aufschlagewasser und eines gegebenen Gefälles erhaltenen Wirkung leiten können. Bei der Anlage von Wasserwerken, besonders derer, welche eine bedeutende Kraft erfordern, muß man daher mit großer Sorgfalt und Ueberlegung verfahren.

Wir haben auch bemerkt, daß der Druck des Wassers als bewegende Kraft angewendet werde. Es ist dieß bei der Wassersäulenmaschine der Fall, die wir weiter unten näher beschreiben werden.

Dämpfe als bewegende Kraft. — Dieß ist ein Gegenstand, über welchen wir weiter unten bei den Dampfmaschinen specieller handeln werden. Wir werden daher hier so gedrängt als möglich sein, wenn wir von ihren mechanischen Wirkungen als bewegende Kraft, von den Grundsätzen, von denen die Bestimmung der Kraft abhängt und den gewöhnlichen Abzügen für Reibung, unvollkommene Luftleere und Verminderung der Temperatur reden, indem alle diese Gegenstände bei der Beschreibung der Dampfmaschinen weitläuftiger abgehandelt werden müssen. Für den vorliegenden Zweck mag es hinreichend sein, im Allgemeinen zu bemerken, daß bei der Dampfmaschine die erlangte Wirkung von der Verschiedenheit des Drucks der Dämpfe gegen die eine Seite des Kolbens und dem der Dämpfe oder der unvollkommenen Luftleere gegen die andere Seite, von der Grundfläche und der Geschwindigkeit des Kolbens, ohne Berücksichtigung seiner Länge, abhängt. Den wirklichen Nutzeffect der Maschine von diesen Angaben allein ableiten zu wollen, würde übrigens kein richtiges Maaß von deren Leistungen geben, weil ein Theil der Kraft zur Hervorbringung der Luftleere und zur Ueberwindung der Reibung und Trägheit der verschiedenen Theile angewendet wird. Es werden daher gewisse Abzüge nöthig, die wir hier blos erwähnen und die Untersuchung der Grundsätze, auf denen sie beruhen, bei der Dampfmaschine selbst näher erörtern.

Der mittlere Druck der Atmosphäre und der Dämpfe auf dem Siedpunkte des Wassers ist ungefähr gleich 30 Zollen Quecksilber oder 34 (engl.) Fuß Wasser, oder 14$^1/_2$ bis 15 Pfunden auf jeden Quadratzoll der gedrückten Oberfläche. Haben wir daher auf der einen Seite des Kolbens einen Druck der Dämpfe, der gleich dem atmosphärischen Druck ist, und auf der andern Seite eine vollkommene Luftleere, so würde die Kraft gleich sein dem Fünfzehnfachen der Anzahl der Quadratzolle auf der Kolbenoberfläche in Pfunden avoir-du-pois. In den Kesseln der gewöhnlichen Dampfmaschinen von niederm Druck werden die Dämpfe gewöhnlich unter einem Druck von 2$^1/_2$ bis 4 Pfund über dem atmosphärischen erhalten und statt einer vollständigen Luftleere auf der andern Seite des Kolbens oder in dem Condensator, beträgt dort der Druck der Dämpfe ꝛc. ungefähr 2 Pfund. Man sagt daher, der Dampf habe einen Minus-Druck von ungefähr 13 Pfunden, oder sei gleich einer Quecksilbersäule von ungefähr 26 Zoll, die, je nach der Vollkommenheit der Arbeit und anderen Ursachen, bis zu 28 Zoll schwankt. Wir wollen als Beispiel annehmen, daß der Minus-Druck gleich 26 Zollen oder 13 Pfunden, und daß der Druck der Dämpfe auf den Kolben derselbe sei, wie der in dem Kessel, 4 Pfund, d. h. nichts für den Verlust der Temperatur auf dem Wege der Dämpfe in Abzug gebracht.

Digitized by Google

Die wirkliche bewegende Kraft des Kolbens ist alsdann 4 + 13 = 17 Pfund auf jeden Quadratzoll Oberfläche. Jedoch ist dieß nicht alle Nutzkraft; ein bedeutender Theil davon geht durch den Betrieb der Luftpumpe zur Hervorbringung jener unvollkommenen Luftleere und durch Ueberwindung der Reibung und der Trägheit der Maschine, von denen letztere bei allen rückwirkenden Theilen der Maschine, Kolben, Balancier u. s. w. sehr bedeutend ist, verloren. Jedoch können wir hier nicht in eine Untersuchung der Wirkungen aller dieser entgegenwirkenden Ursachen eingehen. Wir müssen uns daher begnügen, zu bemerken, daß ungefähr die Hälfte von der Minus-Kraft auf die eben angegebene Weise, durch Verminderung der Temperatur und durch die daraus folgende Verminderung der Elasticität der Dämpfe auf ihrem Wege von dem Kessel zum Cylinder und durch die noch weitere Verminderung in dem letztern Theil des Kolbenhubes, weil die Dämpfe abgeschlossen werden, ehe der Hub vollendet ist, verloren geht. Berücksichtigt man alle diese Umstände, so findet man in der Praxis, daß der wirkliche Nutzeffect der Maschine gleich einem Druck ist, bestimmt durch die Hälfte des Minus-Drucks des Condensors und durch den Druck im Kessel, über den der Atmosphäre; so daß er in dem vorliegenden Falle sein würde = 6½ + 4 = 10½ Pfund. Multiplicirt man diese Zahl mit der Oberfläche des Kolbens in Quadratzollen und mit der Geschwindigkeit in Fußen, in einer Minute, und dividirt das Product durch 33,000, so giebt der Quotient die Anzahl der Nominal-Pferdekräfte der Maschine, indem jede Pferdekraft, wie bereits oben bemerkt, gleich ist der mittlern Kraft von 1½ wirklichen Pferden. Eine speciellere Untersuchung der Dampfkraft wird man in dem, von den Dampfmaschinen handelnden Capitel finden.

Das Gesagte mag für unsern jetzigen Zweck hinreichen, indem derselbe nur darin besteht, einen allgemeinen Begriff von dem Verhältniß der bewegenden Kräfte zu geben, mittelst eines allgemeinen Maaßes, oder einer dynamischen Einheit. Aus dem Gesagten ist einleuchtend, daß überall eine große Unsicherheit bei der Vergleichung herrscht. Sowohl die Menschen- als auch die Thierkräfte sind sehr verschieden. Die Kraft, oder vielmehr die Geschwindigkeit des Windes, ist außerordentlich unsicher und veränderlich. Das Wasser ist auch großen Schwankungen und die Wirkung großer, schwerer Wasserräder ist großen Hindernissen unterworfen. Selbst auf die Wirksamkeit der Dampfmaschine hat der atmosphärische Wechsel einen Einfluß und viel von ihrem Nutzeffect hängt auch von der Genauigkeit der Ausführung der Maschine, von der Aufmerksamkeit und Sorgfalt ihres Wärters und von verschiedenen andern Umständen ab. Wir müssen daher den verhältnißmäßigen Werth der verschiedenen betrachteten bewegenden Kräfte annehmen, so wie sie gegeben worden sind, nicht als absolut und bestimmt, sondern als die besten zu erlangenden mittlern Resultate, indem die Elemente, auf welche sie begründet werden, so verschieden und unsicher sind.

Wir beschließen diese wenigen Bemerkungen über die relativen Kräfte der Menschen, Pferde, Windmühlenflügel, Wasserräder und Dampfmaschinen mit der folgenden Tafel, die sehr sorgfältig von Dr. Young zusammen gestellt worden ist und eine ganze Reihe interessanter Resultate enthält.

Unmittelbare Leistungen der Menschenkräfte, ohne Berücksichtigung der Reibung.	Menschenkraft.	Dauer. St. Min. S.	Tagewerk.
Ein Mann, der 133 franz. Pf. wog, stieg in 34 Sec. auf einer Treppe 62 franz. Fuß hoch und war ganz erschöpft. Amontons. . . .	0,38	— — 34	
Ein Holzschneider machte 200 Schnitte von 18″ jeden, in 145 Sec. mit einer Kraft von 25 Pf.; er konnte nur 3 Min. fortfahren. Amontons.	0,82	— 2 25	
Ein Mann kann 8 Stunden täglich 6 Pfd. 1 Fuß in 1 Sec. hoch heben. Bernoulli.	0,94	8 — —	0,75
Ein Mann von gewöhnlicher Stärke kann täglich 10 Stunden lang an einer Winde mit einer Kraft von 30 Pfunden und mit einer Geschwindigkeit von 3½ Fuß in der Secunde arbeiten. Defaguliers.	1,43	10 — —	1,43
Zwei an einem Haspel stehende Männer können mittelst zweier, in rechten Winkeln zu einander stehenden Kurbeln 70 Pfd. leichter heben, als ein einziger 30 Pfd. Defaguliers.	1,66	. . .	1,66
Ein Mann kann einen ganzen Tag lang mit Hülfe eines Schwungrades, bei einer mäßig raschen Bewegung von 4 oder 5 Fuß in der Secunde, eine Kraft von 40 Pfd. ausüben. Defaguliers. (Jedoch ist es zweifelhaft, ob die Kraft in 40 oder 20 Pfunden besteht.)	2,7	. . .	2,7
Auf kurze Zeit kann er mit einem Schwungrade, bei mäßig schneller Bewegung, eine Kraft von 80 Pfunden ausüben. Defaguliers.	4,9	— 1 —	
Ein Mann steigt auf einer Treppe in 1 Sec. 14 Met. (44½ rhn. Fuß) hoch	1,6	— 1 —	
Ein Mann kann mittelst einer Treppe täglich 250 Kilogr. (525 Pfund) 1 Kilom. (3187 Fuß) hoch heben. Coulomb.	.	. . .	0,653
Mit einem Grabscheit verrichtet ein Mann ¹⁹/₂₀ soviel als durch Emporsteigen einer Treppe. Coulomb.	.	. . .	0,533
Mit einer Winde verrichtet ein Mann ⅔ so viel, als durch Emporsteigen einer Treppe. Coulomb. . .	.	. . .	0,345
Ein Mann, der Holz eine Treppe emporschafft, trägt mit seinem eigenen Gewicht 100 Kilogr. (210 Pf.) 1 Kilometer hoch. Coulomb. .	.	. . .	0,299
Ein Mann, dessen Gewicht 150 Pf. beträgt, kann 15 bis 20 Sec. lang in 1 Sec. 3 Fuß von einer Treppe emporsteigen. Coulomb. . .	1,01	— — 20	

Digitized by Google

Unmittelbare Leistungen der Menschenkräfte, ohne Berücksichtigung der Reibung.	Menschenkraft.	Dauer St. Min. S.	Tagwerk.
100 Pfd. können eine halbe Stunde lang mit einer Geschwindigkeit von 1 Fuß in 1 See. gehoben werden.	1,52	— 30 —	
Nimmt man die zum Drehen einer Winde erforderliche Arbeit als die Einheit an, so ist die Kraft beim Pumpen, nach Buchanan . .	0,61		
Beim Läuten der Glocken, nach demselben	1,36		
Beim Rudern, nach demselben . .	1,43		

Vergleicht man die in der obigen Tabelle mitgetheilten Resultate recht genau mit einander, so wird man finden, daß sie sehr bedeutend von einander abweichen und wird das wiederholt Gesagte bestätigen, daß Vergleichungen dieser Art auf sehr unsichern Angaben beruhen.

Nach Schulze's Versuchen ist die Kraft, welche ein Mann oder ein Pferd mit der Geschwindigkeit v ausüben können $= f\left(1 - \frac{v}{a}\right)^2$, wobei f die im Gleichgewicht stehende Kraft und a die Geschwindigkeit ohne Widerstand ist. Dieß ist eine Formel von Euler.

Ein anderer Ausdruck desselben, $f\left(1 - \frac{vv}{aa}\right)$ stimmt nicht so gut mit Schulze's Versuchen überein; allein Euler's Theorie beruhet auf gänzlich willkührlichen Annahmen. Nach der ersten Formel würde der größte mechanische Effect dann stattfinden, wenn $v = \frac{1}{3}$ a; nach der zweiten, wenn $v = \sqrt{\frac{1}{3}}$ a.

Geben wir die Genauigkeit der, von Schulze bestätigten Formel Euler's zu und nehmen wir an, daß die Wirksamkeit eines Menschen ihr Maximum erreicht habe, wenn er 2½ engl. (etwas mehr als eine halbe deutsche) Meilen in einer Stunde gehe, so haben wir 7½, als seine größte Geschwindigkeit, 0,04 $(7\frac{1}{2} - v)^2$ für die bei jeder andern Geschwindigkeit und 0,016 $v\,(7\frac{1}{2} - v)^2$ für die Wirksamkeit in jedem Fall.

Wenn daher die Geschwindigkeit eine engl. Meile in einer Stunde beträgt, so ist die Wirkung . . . 0,929
Wenn zwei Meilen 1,310
Wenn drei Meilen 1,330
Wenn vier Meilen 1,070
und
wenn fünf Meilen 0,682

Und die Kraft in einem Zustande der Ruhe, 2½ oder ungefähr 70 Pfund, mit einer Geschwindigkeit von zwei englischen Meilen 36 Pfund, mit drei 24 Pfund, mit vier 15. Es ist einleuchtend, daß in den äußersten Fällen diese Formel unsicher ist, daß sie aber bei mäßigen Geschwindigkeiten wahrscheinlich eine ziemliche Approximation gewährt. Lastträger schleppen 200 bis 300 Pfund mit einer Geschwindigkeit von drei engl. Meilen in der Stunde. Portchaisenträger gehen, jeder mit einer Belastung von 150 Pfunden, vier englische Meilen in der Stunde, und in der Türkei soll es Lastträger geben, die mit einer mehr auf dem Kreuz liegenden Last von 700 bis 900 Pfunden gebückt vorwärts gehen. Das vortheilhafteste Gewicht für einen Mann von gewöhnlicher Stärke, um es in horizontaler Richtung fort zu schaffen, sind 111 Pfund, oder wenn er unbeladen zurückgeht, 135 Pfund. In Laufkarren kann ein Mann die Hälfte mehr leisten, als mit Trögen. (Nach Coulomb's Angaben.)

Leistungen der Menschen mittelst Maschinen.	Kraft.	Dauer. St. Min. S.	Tagwerk.
Ein Mann in 145 See. mittelst eines Seils und einer Rolle 25 Pfund, 220 Fuß hoch. Amontons	0,594	— 2 25	
Ein Mann kann mittelst einer guten gewöhnlichen Pumpe einen ganzen Tag hindurch, in einer Minute ein Orhoft Wasser, 10 Fuß hoch heben. Desaguliers . .	0,119	— — —	0,119
Er kann mittelst einer sehr gut eingerichteten Pumpe, 1 oder 2 Minuten lang, 1 Orhoft in 1 Minute, 18 oder 20 Fuß hoch heben.	2,19	— 2 —	
Eine Stampfe von 55⅓ Pf. Gewicht, wurde mittelst eines horizontal gezogenen Seiles, täglich 5 Stunden lang, in 1 Secunde 1 Fuß hoch gehoben. Coulomb.	0,872	5 — —	0,436
Ein schwacher alter Mann hob, indem er mit einem Hebel vor- und rückwärts ging, 8 bis 10 Stunden täglich, 7 Kubikfuß Wasser in 1 See. 11½ Fuß hoch. Robinson.	1,13	9 — —	1,03
Ein junger Mann, der 135 Pfund wog und 30 Pfund fortschaffte, hob 9⅓ Kubikfuß Wasser 11½ Fuß hoch und fuhr damit 10 Stunden täglich, ohne zu ermüden, fort. Robinson	1,42	10 — —	1,42
Leistung eines Mannes in dem Tretrade	0,426	— — —	0,426
Kraft der Pferde.			
Zwei an einen Pflug gespannte Pferde übten in mäßig festem Boden, nach Amontons, jedes eine Kraft von 150 Pfund aus. Wir müssen annehmen, daß sie sich mit einer Geschwindigkeit bewegten, die etwas mehr als zwei engl. Meilen in einer Stunde betrug, und zwar 8 Stunden lang.	0,736	8 — —	0,591

Digitized by Google

Kraft der Pferde.	Kraft.	Dauer. St. Min. S.	Tagewerk.
Ein Pferd kann mit einer Kraft von 200 Pfund 2 englische Meilen in einer Stunde, 8 Stunden täglich ziehen	1,0	8 — —	0,8
Mit einer Kraft von 240 Pfund nur 6 Stunden. Desaguliers.	1,2	6 — —	0,72
Mittelst einer Pumpe kann ein Pferd in einer Stunde 250 Orhoft Wasser, 10 Fuß hoch heben. Smeaton.	4,96	1 — —	

Ein Pferd kann im Allgemeinen nicht mehr einen steilen Hügel hinaufziehen, als drei Mann im Stande sind, d. h. 450 bis 750 Pfund; ein starkes Pferd aber kann 2000 Pfund auf einem Karren einen steilen Hügel hinanziehen, wenn er nur niedrig ist. Desaguliers.

Der Durchmesser einer Rennbahn für eine Roßmühle muß wenigstens 25 bis 30 Fuß betragen. Desaguliers.

Manche Pferde haben, ohne zu ruhen, 650 bis 700 Pfund sieben bis acht englische Meilen weit gezogen; zu Stourbridge zog sogar eins 1232 Pfund Eisen acht englische Meilen weit. Desaguliers.

Eine Windmühle mit vier Flügeln, von denen jeder 33 Fuß von der Welle oder dem Mittelpunkte aus lang und 6 Fuß oder etwas mehr breit ist, konnte 1000 franz. Pfunde in einer Minute 218 Fuß hoch heben, und im Durchschnitt acht Stunden täglich arbeiten. Dieß ist gleich der Leistung von 51 Menschen, wie weiter oben festgesetzt worden ist.

Smeaton sagt, er habe durch Versuche gefunden, daß eine Windmühle mit 30 Fuß langen Flügeln vier Pferden gleich sei, oder ein Flügel gleich fünf Mann, welches bei einer Breite von ungefähr 4 Fuß mit dem Obigen fast übereinkommt.

Vortheile und Nachtheile der bewegenden Kräfte.

Die Ersparung durch Theilung der Arbeit haben wir in dem einleitenden Theile des Werkes, nebst den daraus hervorgehenden Vortheilen, weitläuftig auseinandergesetzt; allein die dort gemachten Bemerkungen bezogen sich im Allgemeinen auf die Benutzung von Arbeitern, entweder Männern, Weibern oder Kindern zu Handthierungen oder besondern mechanischen Prozessen, wobei weit mehr Geschicklichkeit als Kraft erforderlich ist. Der Gegenstand unserer jetzigen Untersuchung ist der Aufwand und die Ersparung, welche aus der Beschaffenheit der bewegenden Kräfte hervorgehen, bei denen Kraft und nicht Geschicklichkeit der zu erreichende Zweck ist. Berücksichtigen wir blos den Kostenaufwand der verschiedenen bewegenden Kräfte, so bedarf die Folge nur einer geringen Auseinandersetzung; allein es sind auch andere Rücksichten zu nehmen, von denen einige vielleicht kaum einmal unserer jetzigen Untersuchung angehören, und welche den Gegenstand in einigen Fällen sehr schwierig und verwickelt machen.

Wir haben gesehen, daß ein Pferd eben so viel Arbeit, zu welcher keine Geschicklichkeit erforderlich ist, verrichtet, als fünf Menschen, und daß das, was man eine Pferdekraft bei einer Dampfmaschine nennt, bei der geringsten Schätzung gleich dem Anderthalbfachen von der wirklichen Kraft eines Pferdes ist und folglich gleich der von 7½ Menschen. Wir müssen auch bemerken, daß im Durchschnitt 10 Pfund Steinkohlen in einer Dampfmaschine das erforderliche Brennmaterial liefern werden, um in einer Stunde eine Pferdekraft hervorzubringen, oder 80 Pfund auf eine Pferdekraft bei nur achtstündiger Arbeitszeit täglich.

Den Werth von 80 Pfund oder ungefähr 1 Bushel (1970 rhein. Kubikzoll — 10 bis 11 preuß. Metzen —) Steinkohlen können wir kaum höher als zu 1 Schilling verausgaben; die Ausgabe für Miethe von 1½ Pferden beträgt im Durchschnitt ungefähr 3½ Schilling, der Arbeitslohn für 7½ gute englische Arbeiter 21 Schilling. Berücksichtigen wir daher nur die relativen Kosten der dreierlei verschiedenen bewegenden Kräfte, so verhalten sie sich ungefähr wie 3, 7 und 30. Es ist dieß jedoch keine richtige Ansicht von dem Gegenstande, weil in dem letztern Verhältniß alle Kosten begriffen sind, während bei dem Pferde wir den ersten Ankauf, die Kosten des Geschirres, der Stallung, des Hufbeschlages, der Wartung ꝛc. zu berücksichtigen haben, so daß die tägliche Ausgabe für das Pferd leicht auf 4½ Schilling steigen mag. Bei der Dampfkraft haben wir auch, außer der Ausgabe für das Brennmaterial, die für Oel, Talg, den Maschinenwärter, den Heizer, das Anlagekapital für Maschine und Gebäude, und diese werden bei einer Maschine von mittlerer Größe noch einen zweiten Schilling täglich tragen, und so betragen die täglichen Kosten der Dampfkraft 3 Schilling, der Pferdekraft 6½ Schilling und der Menschenkraft 15 Schilling.

Die Kosten der übrigen bewegenden Kräfte können nicht so gut geschätzt werden. Die einer Windmühle kostet gar nichts und bei einem Wasserrade ist sie sehr unbestimmt und sehr von den Umständen abhängig. Beide Arten der bewegenden Kraft sind aber weit wohlfeiler als die Dampfkraft; allein die eine ist unsicher und kaum da anwendbar, wo eine stete Kraft erforderlich ist, und die andere, obwohl weit weniger unsicher, local und nicht, wie die Dampfkraft, überall anwendbar. Die Frage über Ersparung und Kosten bleibt daher zwischen dem Menschen, dem Pferde und der Dampfmaschine. Jedoch muß bei Vergleichungen dieser Art sehr wohl berücksichtigt werden, ob eine Dampfmaschine auch hinlängliche Beschäftigung habe; denn ist dieß nicht der Fall, so steht die Kraft mit dem Nutzeffect in keinem vortheilhaften Verhältniß und die Kosten steigen bedeutend. Eine Maschine, die nicht regelmäßig im Betriebe gehalten wird, leidet sehr, ihre Abnutzung ist weit bedeutender, als bei einem regelmäßigen Gange und ihre Dauer ist weit kürzer. In England war eine Maschine von Bolton und Watt noch nach 40 Jahren in einem fortwährend gutem Gange. Sie hat freilich im Verlauf der Jahre manche Reparaturen erlitten, und manche Theile sind durch neue ersetzt; wäre aber diese Maschine nur einen oder zwei Tage in der Woche im Betriebe gewesen, oder nur eine Woche oder vierzehn Tage lang in einem Monat und nicht unausgesetzt, so ist es sehr wahrscheinlich, daß sie schon weit früher gänzlich unbrauchbar geworden und abgeworfen werden müßte. Es giebt zwar einzelne Fälle, in denen die verlangte Wirkung nur von einer sehr großen

Digitized by Google

Maschine hervorgebracht werden kann und die dennoch keiner steten Anwendung bedarf. In solchen Fällen können aber die obigen Rücksichten nicht genommen werden; die Nothwendigkeit macht alsdann ganz andere Bedingungen nöthig, und die der Ersparniß ist nicht mehr zu nehmen.

Der Punkt, auf welchen hier die Aufmerksamkeit gelenkt werden soll, ist der, ob die Nachfrage nach einem Fabrikat so ist, daß eine bewegende Kraft fortwährend Beschäftigung findet, und ob die Frage vielmehr die ist, ob es besser sei, Pferde- oder Dampfkräfte, oder Pferde- oder Menschenkräfte anzuwenden. Seltner entsteht die Frage, ob Menschen- oder Dampfkräfte anzuwenden sind, obwohl sie bei der Baumwollenspinnerei und bei der Weberei ꝛc. auch vorkommt.

Wenn die Frage zwischen Pferde- und Dampfkraft entsteht, so ist, wie wir gesehen haben, in ökonomischer Hinsicht der Vortheil gänzlich auf Seite der letztern, selbst wenn auch das Brennmaterial theuer ist; es ist dieß aber weder der ganze Vortheil, noch Alles das, was zu dem gehört, was man unter dem Ausdruck des Haushalts oder der Ersparung versteht. Wir haben die Zweckmäßigkeit der Anwendung, die Stetigkeit und die Gleichförmigkeit der Kraft und der Bewegung zu berücksichtigen, und wenn die Frage über deren Wahl keiner weitern Entscheidung bedarf, so müssen wir ihre Einwirkung auf die Nationalvortheile und Quellen ins Auge fassen. Pferde werden wie alle übrigen Handelsgegenstände im Verhältniß der Nachfrage auf den Markt gebracht, ja man kann sagen producirt. Jede neue Anwendung des Dampfes auf das, was früher Pferde verrichtet haben, hat entweder die Folge, den Werth der Pferdearbeit, oder die Anzahl der Pferde in einem Lande zu vermindern.

Bei der erstern Annahme fallen andere, mittelst Pferdekraft hervorgebrachte Gegenstände im Preise und die von Pferden abhängenden Bequemlichkeiten sind wohlfeiler zu erlangen. Auf einer andern Seite kann aber um so viel mehr Land zur Ernährung der Menschen benutzt werden, je weniger Pferde gehalten und gefüttert werden. Die Nachfrage nach menschlicher Arbeit steigt auch damit. Es sind Bergleute erforderlich, um die Steinkohlen zu gewinnen, Schiffbauer und Seiler zu ihrer Förderung und zu ihrem weitern Transport, Werkleute zur Errichtung der erforderlichen Gebäude, und zur Erbauung von Dampfmaschinen sind auch mehr Maschinenbauer erforderlich, als zu der der Roßmühlen. Besonders wichtig ist aber der durch die größere Wirksamkeit der Dampfmaschinen herbeigeführte wohlfeilere Preis der Fabrikate. Wir müssen daher folgern, daß, wo hinlänglicher Absatz der Fabrikate vorausgesetzt werden darf, die Dampfkraft in jeder Hinsicht der Pferdekraft vorzuziehen ist.

Die Frage ist nicht ganz so einfach bei der Vergleichung der Menschen- und der Pferdekräfte. In Betreff der Kosten, sahen wir bereits, verhält sich die Pferdekraft zu der Menschenkraft, wie 2 zu 1 zu ihrem Vortheil; allein was in dieser Hinsicht vortheilhaft, ist in Hinsicht auf Nationalwohlfahrt unvortheilhaft. Wenn durch Ersatz der Pferdekraft mittelst Dampfkraft die Anzahl der Pferde und folglich auch der Preis der Lebensmittel vermindert wird, so folgt, daß die Ersetzung der menschlichen Kraft durch Pferdekraft die Anzahl der Pferde und der Preis der Lebensmittel steigen muß. Wie geringe Zweifel daher auch obwalten mögen, wenn man nur die erste Ausgabe für die Individuen berücksichtet, so ist dagegen der Ersatz sehr zweifelhaft, wenn die Frage unter einem umfassendern Gesichtspunkt genommen wird. Es ist dieß hauptsächlich dann der Fall, wenn, während die Pferde arbeiten, die Menschen unbeschäftigt bleiben, wie z. B. wenn in ackerbautreibenden Gegenden das Ausdreschen des Getreides durch Maschinen geschieht. Das Dreschen mit dem Flegel erfordert Geschicklichkeit und Stärke, würdigt aber den Menschen nicht herab, welches der Fall sein würde, benutzte man sie zur unmittelbaren Bewegung der Dreschmaschine.

Ein solcher Einwurf läßt sich aber nicht gegen die Substitution der Menschenhände durch Dampfkraft bei dem Fabrikenwesen machen, sondern es findet ganz das Gegentheil statt. Zuvörderst wird dadurch kein Boden zum Anbau menschlicher Nahrungsmittel entzogen, und obgleich jedes neue Ersatzmittel einige Hände außer Arbeit setzen muß, so steigt doch der Absatz der Fabrikate durch deren wohlfeilere Preise so, daß jene Unbeschäftigten sehr bald wieder Arbeit erlangen. Jedermann ist wohlfeiler gekleidet, und da auch die Ausfuhr des Artikels steigt, so werden auch noch mehr Arbeiter nöthig und der Reichthum und die Hülfsquellen des Landes steigen.

Als Beweis für die außerordentlichen Vortheile dieses Ersatzes der Menschenhände durch Dampfkraft, führen wir die folgende Thatsache an. Im Jahre 1767 betrug die Anzahl der bei der Baumwollenmanufactur in England beschäftigten Arbeiter 30,000. Die Baumwollenwaaren standen im hohen Preise und nur Wenige konnten sie zur Bekleidung oder zu sonstigen Zwecken benutzen. Jetzt, nachdem die Handarbeit durch Maschinenkräfte ersetzt ist, beschäftigt die britische Baumwollenmanufactur fast eine Million Menschen und die Fabrikate werden zu einem Viertel von ihrem früheren Preise verkauft, so daß sie ganz allgemein, auch von der geringsten Menschenklasse benutzt werden können. Nie aber sind wir im Stande, solche Resultate durch Substitution der Menschenhände mittelst Pferdekräften zu erlangen.

Wollten wir die Frage noch weiter hinaus verfolgen, so würden wir zu sehr in das Gebiet der Staatswirthschaft übergehen, welches gegen unsern Zweck ist. Unser einziger Zweck ist der, die Kosten und den Haushalt der bewegenden Kräfte zu vergleichen, und wenn wir uns etwas von unsrem Wege entfernt, so war dieß blos Folge der Nothwendigkeit, indem beide Gegenstände innig mit einander verbunden sind.

Digitized by Google

Zweites Capitel.

Von den Hindernissen der Bewegung oder den retardirenden Kräften.

Könnten Maschinen vollkommen dargestellt werden, so würden die, von irgend einer Combination mechanischer Kräfte hervorgebrachten Wirkungen zu Resultaten führen, die in Beziehung auf das Maaß genau den Kräften gleich sein würden, mittelst denen die Bewegung hervorgebracht ist. Allein man kann dieß von keiner Maschine erwarten, da jede ihrer Bewegungen nothwendig Hindernisse erleidet, wohin die Reibung, die Steifigkeit der Seile und der Widerstand der Luft ꝛc. gehören. Von diesen entgegenwirkenden Kräften brauchen wir jedoch nur die beiden erstern zu untersuchen; denn, obwohl der Widerstand der Luft zuweilen bedeutend ist und in einigen wenigen Fällen sogar absichtlich zur Regulirung der Bewegung einer Maschine angewendet wird, so ist er doch im Allgemeinen unbeträchtlich und seine retardirende Kraft kann daher, mit Ausnahme der erwähnten Fälle, unberücksichtigt gelassen werden. Von diesen handeln wir zweckmäßiger an einem andern Orte dieses Werks.

I. Von der Reibung oder Friction.

Bei allen Untersuchungen über die dynamische Wirkung sich bewegender Körper sind wir genöthigt, in der Theorie, die Oberflächen derselben als vollkommen glatt anzusehen. In der Praxis ist dieß aber gänzlich anders; es giebt keine vollkommen glatten Körper, keine Maschine, die bei ihrer Bewegung nicht mehr oder weniger durch die Reibung der Zähne gegen einander, der Zapfen in ihren Lagern ꝛc., behindert würde. Bei einigen Maschinen, wie Schleifmühlen, Bohrmaschinen, Sägemühlen ꝛc., besteht die ganze anzuwendende Kraft in der Ueberwindung der Reibung oder dem etwas Aehnlichem, so daß eine Kenntniß von der Beschaffenheit und den Wirkungen derselben durchaus nothwendig erscheint, um uns in den Stand zu setzen, die Grundsätze der theoretischen Mechanik auf nützliche praktische Zwecke anzuwenden.

Läßt man zwei Körper so aufeinander gleiten, daß sie, ohne zu rollen, sich parallel ihrer gemeinschaftlichen Berührungsebene bewegen, so entwickelt sich in den Berührungspunkten ein im Sinne der Bewegung wirkender Widerstand, dessen Intensität abhängt von dem gegenseitigen Druck, den sie auf einander äußern, von der Beschaffenheit ihrer Substanz und von der Gestalt und Größe ihrer Berührungsflächen. Coulomb glaubt, daß man diesen Widerstand als aus zwei Theilen bestehend sich denken müsse, einem vom Druck unabhängigen: der Adhäsion, welche im Verhältniß der Größe der Berührungsflächen zunimmt, und einem andern der Reibung, welche mit dem Druck zunimmt, ohne von der Anzahl der Berührungspunkte modificirt zu werden. Welche Kräfte nun auch hier zu einer Gesammtwirkung zusammentreten mögen, so sind wir doch immer nur auf die Ergebnisse empirischer Untersuchungen hingewiesen, ohne sie theoretisch ableiten zu können.

In neuerer Zeit sind zwei sehr ausgedehnte Versuchreihen von Rennie (Experiments on the friction and abrasion of the surfaces of solids. Philosophical Transactions. 1829. p. 134 etc.) und von Morin (Nouvelles expériences sur le frottement faites à Metz en 1831, 1832, 1833. Paris 1834 et 1835. — Auszugsweise abgedruckt in den Annales des Mines, 3e série, tome IV, p. 271 etc., tome VI, p. 73 etc., tome X. p. 27 etc. —), bekannt gemacht worden, aus denen wir hier die Resultate nebst den erhaltenen Zahlenwerthen mittheilen.*

Morin hat in Uebereinstimmung mit einigen Resultaten von Coulomb (der seine Versuche auf Veranlassung der französischen Akademie in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts anstellte, und 1781 in deren Mémoires derselben mittheilte — v. Gerstner's Handbuch der Mechanik, I. Band, Prag 1831, S. 490 u. f. w. —) gefunden, daß die gleitende Reibung**

1) proportional dem Druck ist,
2) unabhängig von der Geschwindigkeit des Gleitens,
3) unabhängig von der Ausdehnung der Flächen.

Herr Morin (Artilleriecapitain zu Metz) hat im Ganzen 179 verschiedene Versuche gemacht, und da sie mit den Oberflächen sehr verschiedener Körper und in sehr verschiedenen Zuständen dieser Oberflächen angestellt wurden, so können diese Resultate als entschieden ermittelt angesehen werden.

Der erste Satz ist innerhalb viel weiterer Grenzen als von Coulomb geprüft, aber immer für so bedeutende Grade des Drucks, als sie in Maschinen eintreten. Er gilt daher zunächst nicht für so kleine Pressungen, wie sie in Uhren vorkommen, bei welchen der wirkende Druck so gering wird, daß er dem Widerstande des angewendeten Oeles gleich werden kann. Die Unabhängigkeit von der Ausdehnung der Flächen bewährte sich bei einer Vergrößerung derselben bis zum 48fachen.

Eine scheinbare Ausnahme zeigt sich darin, daß bei Anwendung von Schmieren, welche die Reibung sehr vermindern, sehr kleine Berührungsflächen eine größere Reibung zu geben scheinen. Dieß kommt daher, daß bei dem Fortgleiten die reibende Fläche so stark in die Schmiere eindringt, daß die Unterlage mehr in den Zustand einer blos fettigen Oberfläche versetzt wird, deren Reibung größer ist.

Was endlich die Geschwindigkeit betrifft, so wurde diese bis zu der von 3 Metern (9 1/2 rhein. Fuß) in einer Secunde gebracht, ohne daß eine Aenderung des Reibungscoefficienten eintrat. Die Behauptung Coulombs, daß mit gesteigerter Geschwindigkeit die Reibung sich vermindere und zwar in dem Maaße, daß sie bei 1 Fuß Geschwindigkeit in der Secunde, mehr als ein Drittheil geringer sei, als bei der Geschwindigkeit von 1 Zoll, bestätigte sich durchaus nicht. Im Gegentheil zeigte sich scheinbar bei größerer Geschwindigkeit eine Zunahme der Reibung, wahrscheinlich bewirkt durch den Widerstand der Luft, welcher hier nicht

---

* Wir haben diesen Abschnitt über die Reibung aus dem vortrefflichen „Repertorium der Physik" von Dove und Moser, Band I., Berlin 1837, S. 97 u. ff., entnommen.

** Die Gesetze der wälzenden Reibung, über welche wir nur sehr wenig wissen, wird Hr. Morin durch fortgesetzte Versuche zu ermitteln suchen.

Digitized by Google

in Rechnung gebracht wurde. Eben so wenig bestätigte sich der allgemein als gültig angenommene Satz, daß die Reibung zwischen gleichartigen Körpern größer sei als zwischen ungleichartigen. Gußeisen auf Gußeisen reibt z. B. viel weniger als Gußeisen auf Eichenholz.

Alle Flächen verändern sich stark bei dem trocknen Uebereinandergleiten, faserige Substanzen stärker als Körper von körnigem Gefüge. Gleiten mit Baumöl und Schweinefett bestrichene Flächen aufeinander, nämlich Holz auf Holz, Holz auf Metall, Metall auf Holz, und Metall auf Metall, so ist das Verhältniß der Reibung zum Druck für alle dasselbe, die Reibung beträgt nämlich 7 bis 8 Hunderttheile des Druckes. Dasselbe Verhältniß gilt, wenn die Flächen mit Talg bestrichen sind, außer wenn Metall auf Metall gleitet, wo es 0,1 zu sein scheint. Temperaturunterschiede zwischen + 1° und + 20° scheinen keinen merklichen Einfluß auf die Reibung bestrichener Flächen zu haben.

Wenn die Geschwindigkeit eines auf einer horizontalen Ebene fortgezogenen Körpers gleichförmig wird, so ist die Reibung genau gleich der ziehenden Kraft. Das gewöhnliche Mittel, die Reibung zu finden, ist daher die Beobachtung der auf diese Weise gleichförmig durchlaufenen Räume. Diese Beobachtungsmethode hat aber den Nachtheil, daß, da für jeden Druck nur ein einziges ziehendes Gewicht existirt, welches gleichförmige Bewegung hervorbringt, man dieß a priori kennen oder durch langes Hin- und Hersuchen finden muß. Die Beobachtung beschleunigter Bewegungen gewährt dagegen den Vortheil einer unmittelbaren Prüfung des Gesetzes, daß die Reibung unabhängig ist von der Geschwindigkeit der Bewegung. Morin zog daher in der Regel diese Beobachtungsmethode vor, prüfte

aber auch bei dem Gußeisen, ob die Erscheinungen bei verschiedenen gleichförmigen Geschwindigkeiten mit den aus den Beobachtungen beschleunigter Bewegungen erhaltenen Resultaten übereinstimmten, was sich bestätigt fand. Wie aus der Messung der in bestimmten Zeiten durchlaufenen Räume die Intensität der beschleunigenden Kraft und daraus die Größe der Reibung bestimmt wurde, muß so wie die nähere Beschreibung des Apparates in den Originalabhandlungen nachgelesen werden.

Die folgende Tafel enthält die ermittelten Reibungscoefficienten, darunter wie gewöhnlich den Bruch verstanden, mit welchem der Druck zu multiplicieren ist, um die Reibung zu erhalten. Da, wenn die angewendete Schmiere heruntergenommen worden ist, die Flächen noch fettig bleiben, in welchem Falle die Reibung viel geringer wird, als wenn sie trocken einander berühren, so ist dieser Zustand als „fettig" in einer besondern Rubrik unterschieden. Die viel stärkere Reibung, welche Morin im Vergleich mit Coulomb bei dem Uebereinandergleiten von Holz gefunden hat, kommt wahrscheinlich daher, daß das von Coulomb angewendete Holz polirt, d. h. mit einer Art trockner Schmiere bereits überzogen war.

Wenn zwei Körper längere Zeit in Berührung gewesen sind, so gehört eine größere Kraft dazu, den oberen ruhenden Körper durch Zug in Bewegung zu versetzen, als bei dem schon in Bewegung begriffenen die Reibung zu überwinden. Die im letzteren Falle erhaltenen Werthe sind in der ersten Tafel mitgetheilt. Die Zeit, welche die Körper übereinander geruht hatten, bis sie die in der zweiten Tafel enthaltene Reibung zeigten, war in der Regel 10 bis 20 Minuten.

Reibung ebener Flächen in gleitender Bewegung auf einander.

Substanz der auf einander gleitenden Flächen.	Richtung der Fasern gegeneinander und gegen d. Sinn der Bewegung	Verhältniß der Reibung zum Druck als Einheit, bestrichen mit: ohne Schmiere	Talg	Schweinefett	Baumöl	Seife	fettig
Eiche auf Eiche	parallel	0,48	0,075	—	—	0,164	0,108
"	gekreuzt	0,32	—	—	—	—	—
"	senkrecht	0,336	—	0,072	—	0,083	0,143
"	senkrecht a. par. d. Bew.	0,192	—	—	—	—	—
Buche auf Eiche	parallel	0,36	0,055	—	—	—	0,153
Ulme auf Eiche	parallel	0,43	0,070	0,060	—	0,137 tr.	0,119
"	gekreuzt	0,45	—	—	—	—	—
Starkgegerbtes Ochsenleder auf Eiche		0,296	—	—	—	—	—
Eisen auf Eiche	parallel	0,626	0,085	—	—	2,214 tr.	—
Gußeisen auf Eiche	Fasern d. Unterlage par. der Bewegung	0,490	0,078	0,075	0,075 *	0,189 tr.	0,107
Kupfer auf Eiche	Fasern d. Unterlage par. der Bewegung	0,62	0,069	—	—	—	0,100
Ulme auf Ulme	parallel	—	—	—	—	0,139 tr.	0,140
Eiche auf Ulme	"	0,246	0,073	0,066	—	0,136 tr.	0,136
Gußeisen auf Ulme	"	0,195	0,077	—	0,061	—	—
Eisen auf Ulme	"	0,252	0,078	0,076	0,055	—	0,138

Digitized by Google

Substanz der auf einander gleitenden Flächen.	Richtung der Fasern gegeneinander und gegen d. Sinn der Bewegung	Verhältniß der Reibung zum Druck als Einheit bestrichen mit: ohne Schmiere	Talg	Schweinefett	Baumöl	Seife	fettig
Ulme auf Gußeisen	parallel d. Bewegung	—	0,066	—	—	—	0,135
Eiche auf Gußeisen	senkrecht auf d. Beweg.	0,372	—	—	—	—	—
	parallel der Bewegung	—	0,080	—	—	—	0,168
Weißbuche auf Gußeisen	"	0,394	0,070	0,071	0,068 *	—	0,136
Franzosenholz auf Gußeisen	"	—	0,074	—	0,076 *	—	0,121
Feldbirne auf Gußeisen	"	0,436	0,067	0,068	—	—	0,173
Gegerbtes Ochsenleder auf Gußeisen	flach darauf gelegt	0,559	0,159	—	0,134 *	—	—
Gußeisen auf Gußeisen	"	0,152	0,100	0,070	0,064	0,197	0,144
Eisen auf Gußeisen	die Streifen d. d. Eisens parallel d. Bewegung	0,194	0,103	0,076	0,066	—	—
Stahl auf Gußeisen	—	0,202	0,105	0,081	0,079 *	—	0,109
Messing auf Gußeisen	—	0,189	0,072	0,068	0,066 *	—	0,115
Bronze auf Gußeisen	—	0,217	0,086	—	0,077	—	0,107
Hanf in Fäden auf Gußeisen	Hanffäden senkrecht auf der Bew. wie bei d. Stempeln d. Maschinen	—	0,194	—	0,153	—	—
Eiche auf Eisen	Fasern parallel	—	0,098	—	—	—	0,149
Franzosenholz auf Eisen	"	—	—	—	0,072	—	0,149
Eisen auf Eisen	Streifen parallel	0,138	0,082	0,081	0,070	—	0,177
Gußeisen auf Eisen	"	—	0,098	0,058	0,063	—	0,143
Stahl auf Eisen	"	—	0,093	0,076	—	—	—
Bronze auf Eisen	"	0,161	0,081	—	0,072	—	0,166
Franzosenholz auf Bronce	Fasern parallel	—	0,082	—	0,053	—	0,146
Gegerbtes Ochsenleder auf Bronce	flach darauf gelegt	—	0,241	—	0,191	—	—
" " " "	auf die hohe Kante gelegt	—	0,138	—	0,135	—	—
Gußeisen auf Bronze	—	0,147	0,085	0,070	0,067	—	0,132
Eisen auf Bronze	—	0,172	0,103	0,075	0,078	—	0,160
Stahl auf Bronze	—	0,152	0,056	—	0,056	—	—
Bronze auf Bronze	—	0,201	—	—	0,058	—	0,134

	Wagenschmiere, naß.
Eiche auf Eiche, gekreuzt	— 0,25
Eisen auf Eiche, parallel	— 0,256
Gußeisen auf Eiche, Fasern der Unterlage parallel der Bewegung	— 0,218
Hanffäden auf Eiche, senkrecht auf einander	— 0,332
Weißbuche auf Gußeisen, parallel der Bewegung	0,095 —
Gegerbtes Ochsenleder auf Gußeisen, flach darauf gelegt	— 0,365
Gußeisen auf Gußeisen	— 0,314
Eisen auf Gußeisen, die Streifen des Eisens parallel der Bewegung	0,124 —
Messing auf Gußeisen	0,134 —
Gußeisen auf Eisen, Streifen parallel	0,155 —
Eisen auf Bronze	0,168 —
Stahl auf Bronze	0,170 —
	ohne Schmiere, naß.
Weicher Kalkstein auf weichem Kalkstein	0,64 —
Harter Kalkstein auf weichem Kalkstein	0,67 —
Gewöhnlicher Backstein auf weichem Kalkstein	0,65 —
Eiche auf weichem Kalkstein, die Holzfasern lothrecht und senkrecht auf die Steinplatte	0,38 —
Schmiedeeisen auf weichem Kalkstein, lothrecht und senkrecht auf die Steinplatte	0,69 —

1) Die in der Columne, welche Baumöl überschrieben ist, mit einem * bezeichneten Zahlen beziehen sich auf gewöhnliches Oel.

Digitized by Google

	ohne Schmiere, naß.	
Eiche auf hartem Kalkstein, die Holzfasern lothrecht und senkrecht auf die Steinplatte	0,38	—
Weicher auf hartem Kalkstein	0,65	—
Gewöhnlicher Backstein auf hartem Kalkstein	0,60	—
Harter Kalkstein auf hartem Kalkstein	0,38	—
Schmiedeisen auf hartem Kalkstein	0,24	0,30

Außer den angegebenen Schmieren wurden folgende angewendet:

Gußeisen auf Ulme mit Schweinefett und Reißblei	0,091	
" " " fettig nachher mit Talg bestrichen	0,125	
" " " " " mit Schweinefett und Reißblei	0,137	
Weißbuche auf Gußeisen mit Schweinefett und Reißblei	0,055	Fasern par. der Bewegung.
" " " " Asphalt	0,060	
Gegerbtes Ochsenleder auf Gußeisen, das Leder fettig auf genäßtem Metall . .	0,229	
Gußeisen auf Gußeisen mit Schweinefett und Reißblei	0,055	
Bronze auf Eisen mit Schweinefett und Reißblei	0,089	
Stahl auf Bronze " " " "	0,067	
Gegerbtes Ochsenleder auf Bronze . . . Fettiges Leder	0,287	flach darauf gelegt
Gegerbtes Ochsenleder auf Bronze . . . auf nässem Metall	0,244	auf die hohe Kante.

Reibung ebener Flächen, nachdem sie einige Zeit in Berührung gewesen.

Substanz der auf einander gleitenden Flächen	Richtung der Fasern	Verhältniß der Reibung zum Druck als Einheit					
		bestrichen					
		mit trockner Seife	mit Talg	fettig	ohne Schmiere	geschmiert u. m. Wasser benetzt	mit Baumöl
Eiche auf Eiche	parallel	0,440	0,164	0,390	—	—	—
"	senkrecht	—	0,254	0,314	—	—	—
"	Holz aufr. a. flach gel. Holz	—	—	—	0,271	—	—
Buche auf Eiche	parallel	—	—	0,330	—	—	—
Ulme auf Eiche	parallel	0,411	0,142	0,420	—	—	—
Hanffäden auf Eiche	senkrecht	—	—	—	—	0,869	—
Eisen auf Eiche	parallel	—	0,108	—	—	0,649	—
Gußeisen auf Eiche	"	—	0,100	0,100	—	0,646	0,100
Kupfer auf Eiche	"	—	0,100	—	—	—	—
Ulme auf Ulme	parallel	0,217	—	—	—	—	—
Eiche auf Ulme	"	—	0,178	—	0,376	—	—
Hanf auf Gußeisen	parallel	—	0,131	—	—	—	—
Gegerbtes Ochsenleder * . . .	platt darauf gelegt . .	—	—	—	—	0,621	0,122
" " auf Gußeisen	auf die hohe Kante . .	—	—	—	—	0,615	0,127
Ulme auf Gußeisen	parallel	—	—	0,098	—	—	—
Gußeisen auf Gußeisen	—	—	0,100	—	0,162	—	—
Eisen auf Gußeisen	—	—	0,100	0,118	0,194	—	0,113
Stahl auf Gußeisen	—	—	0,108	—	—	—	—
Messing auf Gußeisen	—	—	0,103	—	—	—	—
Bronze auf Gußeisen	—	—	0,106	—	—	—	—
Gußeisen auf Eisen	—	—	0,100	—	—	—	—
Eisen auf Eisen	—	—	0,115	—	0,137	—	—
Bronze auf Bronze	—	—	—	0,164	—	—	0,164
Weicher Kalkstein a. weich. Kalkstein	—	—	—	—	0,74	—	—
Harter " " " "	—	—	—	—	0,75	—	—
Backstein auf weichem Kalkstein .	—	—	—	—	0,67	—	—
Eiche " " "	vert. od. senkr. geg. d. Bew.	—	—	—	0,63	—	—

* Bei fettigem Leder flach auf benäßtes Gußeisen gelegt, ist der Reibungscoefficient 0,267.

Digitized by Google

ohne Schmiere

Eisen auf weichem Kalkstein	0,49
Harter Kalkstein auf hartem Kalkstein	0,70
Weicher auf hartem Kalkstein	0,75
Backstein „ „ „	0,67
Eiche auf hartem Kalkstein, vertik. od. senkr. g. d. Bew.	0,64
Eisen „ „ „	0,42

mit Schweinefett

Gußeisen auf Eisen, parallel	0,100
Hanf auf Gußeisen „	0,136
Gußeisen auf Eisen „	0,700

Weicher Kalkstein auf weichem Kalkstein gab mit Mörtel von Kalk und Sand nach Berührung von 10 bis 15 Minuten als Reibungscoefficient 0,74.

Den hier mitgetheilten Resultaten füge ich der Vergleichung wegen die Ergebnisse der Versuche von Coulomb bei.

Gleitende Reibung ebener Flächen, welche in Bewegung begriffen, nach Coulomb.

Eiche auf Eiche, Fasern parallel	0,11
die Flächen in abgerundeten Kanten endend	0,08
„ „ „ „ gekreuzt	0,10
„ „ „ „ parallel mit frischem Talg oder altem Schweinefett bestrichen	0,035
„ „ „ „ parall. in abgerundete Kanten endend, fettig oder die Schmiere abgewischt	0,06
Eiche auf Tanne, Fas. par.	0,16
Tanne a. Tanne „ „	0,17
Ulme auf Ulme „ „	0,10
Eiche auf Eisen „ „ Geschwindigkeit sehr ger.	0,08
„ „ „ „ „ „ 0m. 3 in der Secunde	0,17
„ „ „ „ „ kl. Flächen, ohne Schmiere ab. fettig	0,07
Eiche auf Kupfer „ „ Geschwindigkeit sehr ger.	0,05
„ „ „ „ „ „ 0m. 3 in der Secunde	0,18
Eisen auf Eisen trocken	0,28
„ „ „ m. fr. Talg	0,24
Kupfer a. Eisen trocken	0,10
„ „ „ m. fr. Talg	0,10

Gleitende Reibung im Augenblick der entstehenden Bewegung nach langer Ruhe, nach Coulomb.

Eiche auf Eiche, Fasern parallel	0,44
„ „ „ in abgerundete Kanten endend	0,42
„ „ „ Fasern gekreuzt	0,27
„ „ „ nach jedem Versuche mit frischem Talg bestrichen	0,38
Eiche auf Tanne, Fas. par.	0,67
Tanne auf Tanne, „ „	0,56
Ulme auf Ulme, Fas. gekr.	0,46
Eisen auf Eiche	0,20
Kupfer auf Eiche	0,18

Eisen auf Eisen	0,28
Kupfer auf Eisen	0,26
d. Flächen in abgestumpfte Spitzen endend	0,17
mit neuem Talg bestrichen	0,10
mit Oel	0,17
mit altem Schweinefett	0,14

Der vortrefflichen Arbeit von Morin scheint die von Rennie deßwegen nicht an die Seite gestellt werden zu können, weil bei Rennies Versuchen ein Umstand in noch größerem Grade übersehen worden ist, als bei Coulomb. Der Weg, welchen der gleitende Körper bei Rennies Versuchen durchlief, scheint nämlich nur 4½ Zoll betragen zu haben, welches, wenigstens bei Anwendung von Schmieren, viel zu wenig ist, wenn von sichern Resultaten die Rede sein soll, da das Auspressen des Oels aus der angewendeten Schmiere nach langer Ruhe vorzugsweise in der ersten Zeit des Fortgleitens stattfindet, die Flächen daher dann nur in dem Zustand einer fettigen Oberfläche sich befinden. Wichtig sind seine Versuche in so fern, als sie bis zu sehr starken Belastungen ausgedehnt wurden.

Bei 10 bis 56 Pfd. auf 2 Quadratzoll reibende Fläche, war das aus dem Abschiebungswinkel berechnete Verhältniß der Reibung zur Last das in der ersten Colnmne enthaltene, bei 4 bis 10 Centner Druck auf den Quadratzoll das in der zweiten Columne gegebene. (Die Zahl bedeutet, wie viel Mal der Druck größer als die zu überwindende Reibung.)

	Gleitende Reibung der Hölzer.	
Roth Theka auf roth Theka	7,617	8,82
Buche auf Eiche	7,663	7,13
Englische Eiche auf englische Eiche	6,923	7,83
Hagebuche auf Hagebuche	6,349	6,57
Norwegische Eiche auf norwegische Eiche	7,966	7,67
Fichte auf Fichte	3,379	3,40
Weißtanne auf Weißtanne	3,794	3,81
Rothtanne auf Rothtanne	3,501	2,88
Ulme auf Ulme	5,471	5,86
Honduras Mahagony auf Hond. Mahag.	—	5,96
Frische amerikanische Eiche auf frische Eiche	—	7,65
Frische amerikanische Eiche auf Theka	6,867	—
Honduras Mahagony auf Hagebuche	4,753	—

Die Reibung ist also auch hier unabhängig vom Druck, bei weichen Hölzern übrigens bedeutend größer als bei harten, bei welchen sie ungefähr 1/n des Druckes beträgt.

Zur Bestimmung der Reibung der Metalle auf einander wurde durch ein herabgehendes Gewicht das gleitende Metall über die horizontale Unterlage fortbewegt. Auf die Kante gelegt bot es dabei 6½, auf die flache Seite gelegt 44 Quadratzoll reibende Fläche dar.

	Flache Seite.	Kante.
Gußeisen auf Gußeisen	6,58 bis 7,53	6,2 bis 6,5
Messing (hard) auf Gußeisen	7,2 „ 7,8	6,0 „ 8,0
Messing auf Gußeisen	6,09 „ 7,22	6,1 „ 7,24
Zinn auf Gußeisen	5,4 „ 6,11	5,09 „ 6,11

In der zweiten Lage war der Druck ungefähr siebenmal größer als bei der erstern. Die Zahlen geben das Verhältniß der Last zu dem Gewicht, welches erfordert wurde, um den Körper in Bewegung zu setzen.

Bei den folgenden Versuchen wurde der Druck auf den

Digitized by Google

Quadratzoll von 2 Pfd. 2 Unz. bis 32 Pfd. gesteigert, die reibende Fläche betrug dabei 5,9 Zoll.

Messing auf Eisen	7,312
Stahl auf Stahl	6,860
Messing auf Stahl	6,592
Eisen auf Eisen	6,561
Gußeisen auf Stahl	6,393
Gußeisen auf Eisen	6,023
Zinn auf Eisen	5,846
Messing auf Messing	5,764
Stahl auf Eisen	5,198
Zinn auf Zinn	3,305

Hingegen variirte der Druck bei den folgenden Versuchen von 2 Pfund 1 Unze bis 14 Pfund 3 Unzen.

Gußeisen auf Gußeisen	6,475
Messing auf Gußeisen	6,745
Zinn auf Gußeisen	5,671

Ueberschreitet der Druck eine gewisse Grenze, so greifen die Metalle einander merklich an, was die Reibung stark vermehrt.

Bei Eisen auf Eisen ändert sich dieselbe, auf die nämliche Weise bezeichnet, von 4,00 bis 2,44, wenn der Druck auf den Quadratzoll von 1,66 Centner bis 5,00 wächst.

Bei Eisen auf Gußeisen steigt die Reibung von 3,63 bis 2,30, wenn der Druck zunimmt von 1,66 bis 6,33 Ct.

Bei Stahl auf Gußeisen steigt die Reibung von 2,33 auf 3,48, wenn der Druck zunimmt von 1,66 bis 6,00 Ct.

Bei Messing auf Gußeisen steigt die Reibung von 4,44 auf 3,66, wenn der Druck zunimmt von 1,66 bis 7,33 Ct.

Die reibende Fläche betrug hierbei 6 Zoll.

Rennie selbst faßt die über gleitende trockne Reibung von ihm angestellten Versuche in folgender Tafel zusammen, in welcher die Zahlen bedeuten, der wie vielste Theil bei gleicher Belastung die Reibung von der Belastung beträgt.

Stahl a. Eisen	69,81	Gußeisen a. Eisen	5,87
Eisen a. Eisen	36,00	Messing a. Messing	5,70
Hartes Holz a. hartem Holz	7,73	Zinn a. Gußeisen	5,59
Messing a. Eisen	7,38	Zinn a. Eisen	5,53
Messing a. Stahl	7,20	Weicher Stahl a. Eisen	5,28
Messing a. Gußeisen	7,11	Leder a. Eisen	4,00
Weicher Stahl a. weichem Stahl	6,85	Zinn a. Zinn	3,78
Gußeisen a. Stahl	6,62	Granit a. Granit	3,30
Eisen a. Eisen	6,26	Weißtanne a. Weißtanne	2,88
Gußeisen a. Gußeisen	6,12	Sandstein a. Sandstein	2,75
Messing (hard) a. Gußeisen	6,00	Wollenzeug a. Wollenzeug	2,30

Die von ihm über Achsenreibung mit und ohne Schmiere angestellten Versuche zeigen so große Unregelmäßigkeiten, daß sich daraus kein allgemeines Resultat ableiten läßt.

Coulomb* verfuhr bei der Bestimmung der Größe der wälzenden Reibung folgendermaßen. Er legte auf zwei waagerechte, an ihrer Oberfläche vollkommen glatte Unterlagen eine, ebenfalls vollkommen glatte und runde Walze, über welche ein sehr biegsamer Faden ging, dessen beide Enden mit gleichen Gewichten belastet wurden. Zu einem dieser Gewichte wurden nun so lange kleine Gewichte zugelegt, bis eine gleichförmige Bewegung der Walze erfolgte. Auf diese Weise erhielt er nachstehende Resultate:

Walzen von Guajac auf Unterlagen von Eichenholz.			Walzen von Ulmen auf Unterlagen von Eichenholz.		
Gesammte Belastung der Walze.	Gewicht zur Ueberwältigung der Reibung.		Gesammte Belastung der Walze.	Gewicht zur Ueberwältigung der Reibung.	
	Durchmesser der Walze 2 franz. Zoll.	Durchmesser der Walze 6 franz. Zoll.		Durchmesser der Walze 6 franz. Zoll.	Durchmesser der Walze 12 franz. Zoll.
100 französische Pfund	1,6 franz. Pfund	0,6 franz. Pfund	1000 franz. Pfund	10 franz. Pfund	5 franz. Pfund
500 " "	9,4 " "	3,0 " "			
1000 " "	18,0 " "	6,0 " "			

Aus diesen Versuchen ersieht man, daß der Reibungswiderstand bei der wälzenden oder rollenden Bewegung sich gerade wie die Belastung und umgekehrt wie der Halbmesser der Walzen verhält, wenn die Körper von gleicher Materie sind. Die Versuche zeigen ferner, daß die Reibung weit kleiner ist, wenn sich dieselben Körper auf einer Ebene fortwälzen, als wenn sie über einander gleiten. In dieser Hinsicht ist es vortheilhafter, Körper über einander zu wälzen, und kann dieß nicht geschehen, sie auf einander drehen zu lassen, statt sie in paralleler Richtung auf einander fortzuziehen. Es ist demnach auch vortheilhafter, die Wellzapfen, statt sie, wie gewöhnlich geschieht, in einer Vertiefung oder Pfanne laufen zu lassen, auf eine waagerechte Unterlage zu legen, und diesem Zapfen zwei kleine bewegliche Räder, sogenannte Frictionsräder, unterzulegen, wodurch, wie wir später sehen werden, die Reibung von der Oberfläche des stärkern Wellzapfens auf die Oberfläche der schwächern Frictionsräder übertragen und bedeutend vermindert wird. Aus demselben Grunde hat man schon seit langer Zeit versucht, Frictionskugeln oder kleine Walzen in den Naben der Wagenräder anzubringen, auf welchen die eisernen Aren laufen.

Man ließ über zwei gußeiserne Scheiben von 2 Fuß Durchmesser, mit geschmiedeten eisernen Zapfen, die in messingenen, mit Oel geschmierten Büchsen liefen, eine eiserne Kette gehen, an deren jedem Ende ein Gewicht von 21 Centnern oder 2352 englischen Pfunden hing. Beide

* v. Gerstner a. a. O. S. 496 ff.

Digitized by Google

Scheiben oder Rollen waren 12 Fuß 10 Zoll von einander entfernt. Das Gleichgewicht wurde durch 3 Centner (336 Pfund) oder durch 1/9 des ganzen Gewichts überwunden. Bei einem andern Beispiel, welches ein Krahn gab, an welchem ein Gewicht von 7057 Pfund hing, wurde die Reibung mit 7,62 bezeichnet; bei einem andern Krahn mit 1/7.

Bei einem Versuche, der in den, neuerlich in dem königl. Proviantamte zu Deptford angelegten Mahlmühlen angestellt wurde, war ein Zehntel von dem Gewicht der Masse zur Ueberwindung der Trägheit und Reibung auf den tragenden und berührenden Oberflächen erforderlich. Der Druck auf den verschiedenen Theilen der Maschine differirte von 28 bis 896 Pfund auf den Quadratzoll Oberfläche, und die Oberflächengeschwindigkeiten differirten von 50 bis 120 Fuß in der Minute.

Aus den hier mitgetheilten Versuchen und deren Resultaten über die Reibung lassen sich manche sehr wichtige Folgerungen für das Maschinenwesen machen, weshalb sie auch der Mechaniker mit großer Aufmerksamkeit berücksichtigen muß.

II. Von der Steifigkeit oder Unbiegsamkeit der Seile.*

Wenn man ein Seil mit der Hand um irgend einen Körper biegen oder wickeln will, so findet man, daß hierzu eine um so größere Kraft erfordert wird, je kleiner der Körper ist, um den man das Seil windet, je größer die Spannung des Seiles ist, je dicker das zu biegende Seil und je neuer und steifer dasselbe ist. Bei dem Maschinenwesen äußert sich diese Unbiegsamkeit vorzüglich bei den Rollen oder Cylindern, um welche Seile gewickelt werden. Um den Grad der Unbiegsamkeit der Seile durch einen Versuch zu bestimmen, kann man sich der von Amontons

angegebenen Vorrichtung bedienen. Das zu untersuchende Seil wird um den Cylinder gewunden und an seinen Enden mit einem Gewichte belastet. Zur Bewirkung der Bewegung des Cylinders werden so lange Gewichte zugelegt, bis dieselbe gleichförmig erfolgt. Es ist offenbar, daß bei vollkommener Biegsamkeit des Seils der Cylinder sogleich herabrollen müßte. Demnach wird das Gewicht dieses Cylinders sammt dem angehängten Gewichte, die Größe der Unbiegsamkeit der Seile, für die vorhandene Spannung des Seiles, den Durchmesser des Cylinders und die Dicke des Seiles geben.

Coulomb bediente sich zu gleichem Zwecke mehrer um ihre Are beweglicher Cylinder. Die Aren lagen in Pfannen, um die Cylinder wurden Seile von verschiedenen Durchmessern geschlungen, und an beide Enden gleiche Gewichte angehängt, und zu einem derselben so lange Gewichte zugelegt, bis daß die Bewegung gleichförmig blieb. Weil sich aber hierbei auch bei dünnen Aren eine Reibung äußerte, so wurde deren Einfluß erst bestimmt, indem man an einer sehr dünnen, seidenen Schnur von beiden Seiten Gewichte anhängte, und aus der Größe derselben das Verhältniß der Reibung zu den angehängten Gewichten bestimmte. Bei dem Gebrauch der Seile wurde nun von dem erforderlichen Zulagsgewichte die Reibung abgezogen, und der Ueberrest der Unbiegsamkeit der gebrauchten Seile beigemessen.

Durch solche Versuche bestimmte Coulomb den Widerstand der Seile, Stricke, Schnüre ꝛc. nach ihrer verschiedenen Qualität, Dicke und Spannung und nach dem verschiedenen Durchmesser des Cylinders, um welchen diese Seile gewunden wurden. Seine mit dem Amontons'schen Apparate gemachten Erfahrungen gaben folgende Tabelle zur Bestimmung der Unbiegsamkeit ungetheerter Seile.

Gewichte, welche die Seile spannen.	Seil Nr. 1, von 6 Fäden; 12 1/2 Linien im Umfange.			Seil Nr. 2, von 15 Fäden; 20 Linien im Umfange.			Seil Nr. 3, von 30 Fäden; 28 Linien im Umfange.		
	Durchmesser der Walzen.			Durchmesser der Walzen.			Durchmesser der Walzen.		
	1 Zoll.	2 Zoll.	4 Zoll.	1 Zoll.	2 Zoll.	4 Zoll.	2 Zoll.	4 Zoll.	6 Zoll.
Pfunde.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.	Pfd.
25	2,0	—	—	7,0	3,2	1,7	11,0	5,0	—
125	11,0	4,0	—	22,0	9,0	5,0	21,0	8,5	—
225	17,0	6,5	—	30,0	17,0	7,0	29,0	14,0	—
425	31,0	12,0	5,7	65,0	31,0	13,0	47,0	23,0	—
625	43,0	15,0	7,2	92,0	41,0	16,7	67,0	31,0	—
1025	—	—	11,0	—	—	27,0	—	50,0	34,0

Obwohl diese Tabelle das Resultat einer langen, mühsamen und sehr genauen Arbeit ist, so gehen diese Erfahrungen doch nicht ganz regelmäßig. Dennoch aber sind sie hinreichend, um daraus zu schließen, daß die zur Biegung der Seile erforderlichen Kräfte sich gerade wie die Spannungen der Seile und umgekehrt wie die Durchmesser der Walzen verhalten, wie schon Amontons und Desaguliers gefunden haben. Das Letzte ist wenigstens für größere Walzen richtig, wie wir sie in dem Maschinenwesen häufig anwenden. Ferner ersieht man aus den Versuchen, daß sich die Unbiegsamkeit beinahe wie das Quadrat der Durchmesser verhält. Auch ist sie nicht dem angehängten Gewicht allein proportional. In der dritten Versuchreihe brauchte das Seil von 30 Fäden über die Rolle von 2 Zoll im Durchmesser, 11 Pfund bei dem angehängten Gewicht von 25 Pfund, und 67 Pfund bei angehängten 625 Pfunden. Ziehen wir 11 von 67 ab, so kommen 56 Pfd. auf 600 Pfund angehängtes Gewicht, und daher auf jeden Centner 9,3 Pfund. Dies würde für 25 Pfund nur 2,3 Pfund geben, wogegen nach dem Versuche 11 Pfund erfordert wurden. Die Unbiegsamkeit war daher um 8,7 Pfund größer. Wenn wir aber die Unbiegsamkeit mit 9,3 Pfund für jeden Centner des angehängten Gewichtes berechnen, und durchweg 8,7 Pfund zugeben, so erhalten

* Mit Benutzung von v. Gerstner a. a. O. S. 497 ꝛc.

Digitized by Google

wir sehr nahe die nämlichen Zahlen, welche in der dritten Versuchsreihe der obigen Tabelle angeführt sind. So haben wir z. B. bei der Belastung von 225 Pfund 2,25 · 9,3 = 20,9 und wird hierzu die beständige Zahl 8,7 addirt, so erhalten wir 29,6 Pfund, wogegen in der Tabelle 29,0 Pfund erscheinen. Hieraus ersehen wir nun, daß die 8,7 Pfund der natürlichen Spannung zugeschrieben werden müssen, welche alle Fiebern des Seils bei ihrer Zusammendrehung erhalten. Wird nämlich ein Seil gespannt, so haben alle Fiebern nicht blos das angehängte Gewicht, sondern auch ihre natürliche Spannung auszuhalten, und die Elasticität derselben ist der Summe von beiden proportional. Diese Größe 8,7 Pfund ist daher nach Verschiedenheit der Zusammendrehung auch verschieden, nur ist hierbei noch zu bemerken, daß bei den Versuchen zwei Seile auf einmal umgebogen wurden, demnach für ein Seil nur die Hälfte von 8,7 Pfund, d. i. nur 4,4 gehören.

Herr Coulomb fand bei andern Versuchen dieser Art, daß die Unbiegsamkeit getheerter Seile den nämlichen Gesetzen folgt, nur ist sie um $^1/_6$ größer, d. h. die Unbiegsamkeit der trocknen Seile verhält sich zu der der getheerten, wie 6 : 7. Alte mit Theer bestrichene Seile bleiben eben so unbiegsam, als wenn sie neu sind, weil die Fäden des Hanfes zwar etwas nachgeben, aber der Theer dafür um so fester und härter wird. Die Versuche wurden im Winter bei 5 bis 6° R. angestellt und man fand, daß die Kälte vorzüglich bei dicken Seilen die Unbiegsamkeit vermehrt. Das Seil von 15 Fäden wurde bei einer Kälte von — 4° untersucht, und man fand die Unbiegsamkeit um $^1/_6$ größer.

Von den Wirkungen der Anwendung bewegender und retardirender, auf die in Bewegung stehenden Kräfte.

In den vorhergehenden Versuchen über die Reibung ist dargethan, daß die Stärke der Hindernisse der Bewegung einer Maschine durch die Reibung unabhängig von ihrer Geschwindigkeit ist, und es folgt daher, daß die hieraus herrührenden Hindernisse der Bewegung mit denjenigen verbunden werden müssen, welche aus dem Widerstande an dem wirkenden Theile entstehen und daß nach einer solchen Vereinigung und nachdem die Bewegung der Maschine gleichförmig geworden ist, die Momente an den Betriebs- und an den wirkenden Punkten einander gleich sein müssen. Nun ist das Moment an den wirkenden Maschinentheilen gleich dem Product der bewegenden Kraft mit der Geschwindigkeit, d. h. $= F. v$. Hier stellt übrigens $F. v$ die Kraft des Agens dar und in manchen Fällen wird ein Theil von dieser Kraft dazu verwendet, entweder um das Agens selbst, oder um eine gewisse Trägheitsmaterie zu bewegen, welche auf die Maschine, der die Bewegung mitgetheilt worden ist, wirkt und außerhalb derselben liegt. Der erste Fall begreift die Wirkung einer Feder, welche, um irgend eine Kraft auszuüben oder um eine Maschine zu bewegen, selbst erschlaffen muß, so daß so viel Kraft, als dazu erforderlich ist, an Wirkung an der Maschine verloren geht. Der zweite Fall umfaßt die Schwere, welche auf ein sinkendes Gewicht wirkt, das aber erst in Bewegung gesetzt werden muß, ehe es die Maschine bewegen kann. Es muß daher auch die Trägheit berücksichtigt werden. Der am meisten einleuchtende Fall ist aber der, wenn die Muskelkraft eines Menschen oder eines Thieres die bewegende Kraft ist, wie z. B. ein an einer Schiffswinde arbeitender Mensch. Er muß alsdann zuvörderst fast immer so rasch gehen, als sich die Spille bewegt, und dieß erfordert einen gewissen Aufwand der Muskelkräfte. Dieß allein bringt jedoch keine Wirkung hervor, sondern der Mann muß auch mit der Kraft, welche ihm noch von der Bewegung übrig geblieben, die Winde vorwärts treiben. Die Verhältnisse dieser beiden Kraftäußerungen müssen in verschiedenen Fällen sehr verschieden sein, je nach der Belastung, oder nach der Geschwindigkeit, mit der er sich mit derselben bewegt. Wirklich hängt der Nutzeffect von der Wirkung eines Menschen oder eines Thieres, von dem zu bewegenden Gewicht, von der Geschwindigkeit, mit der es bewegt wird, und von der Zeit ab, innerhalb welcher beide ihre Kraftäußerung fortzusetzen vermögen, so daß dabei nothwendig ein anderer Ausdruck eingeführt werden muß. Nennt man daher das zu bewegende Gewicht w, die Geschwindigkeit v, und die Zeit, während welcher ein Mann zu arbeiten aushalten kann t, so haben wir $w. v. t$, als den Nutzeffect. Nun ist es einleuchtend, daß, wenn w so bedeutend ist, daß es der Mensch nicht zu überwinden und in Bewegung zu setzen vermag, $v = o$ sein muß und folglich $w. v. t$, auch $= o$, d. h., daß gar kein Nutzeffect statt findet, obwohl die ganze Kraft des Menschen angewendet und erschöpft ist. Ist dagegen v so groß, daß sie alle seine Kraft erfordert, so ist er nicht im Stande, irgend eine Last zu bewegen, so daß in diesem Falle $w = o$ und folglich $w. v. t$ auch $= o$. Endlich wenn das Product $v. w$, oder die Geschwindigkeit, mit der er sich, und das Gewicht, welches er bewegt, beide groß sind, so wird t entweder gänzlich verschwinden oder so gering werden, daß die Wirkung ebenfalls Null wird. Da wir nun sehen, daß zwei wirkliche Fälle vorhanden sind, unter denen die Wirkung Null wird und einer, bei dem er sich demselben nähert, wogegen die ganze Wirkung zunimmt, indem wir uns von diesen äußersten Punkten entfernen; so ist es augenscheinlich eine sehr wichtige Betrachtung für den Mechaniker, die Werthe zu bestimmen, welche w, v und t unter jeden Umständen zu ertheilen sind, so daß das Maximum der Wirkung entweder mittelst der Theorie, oder durch praktische Versuche hervorgebracht werden kann. Es sind aber diese Verhältnisse für die Menschen- und Pferdekräfte weit mehr mittelst der letztern, als mittelst der erstern bestimmt worden.

Wir haben zur Erläuterung unserer Bemerkungen diesen Fall der thierischen Wirksamkeit gewählt, jedoch lassen sich ähnliche, nach den Umständen veränderte Betrachtungen auf alle bewegende Kräfte anwenden. Bei der thierischen Kraft sind wir durch die Stärke der Muskelkraft, Geschwindigkeit und Zeit beschränkt. In andern Fällen kann die Zeit unberücksichtigt bleiben, weil Elementarkräfte ohne Schwächung ihrer Wirksamkeit im Gange erhalten werden können. Dagegen sind sie andern Beschränkungen unterworfen. So ist es z. B. einleuchtend, daß wir ein Wasserrad nur mit der Schnelligkeit des Stromes selbst bewegen können, und ist dieß Extrem erreicht, so ist es klar, daß keine Kraft zur Ueberwindung irgend eines Widerstandes bleibt. Daher ist der Nutzeffect nichts, und dasselbe wird der Fall sein, wenn wir das Rad so belasten, daß

Digitized by Google

der Strom nicht im Stande ist, die Last zu überwinden, und das Wasser, ohne zu wirken, wegfließt. In diesem Fall findet keine Geschwindigkeit statt und der Nutzeffect ist wiederum nichts. Es entsteht daher die Frage, welchen Widerstand wir entgegensetzen müssen, um den größten Nutzeffect hervorzubringen. Die Theorie stellt ihn zu einem Drittel von der Geschwindigkeit des Stromes fest, und wenn dieß auch nicht durch die Erfahrung bestätigt wird, so beweisen diese angestellten Versuche doch, daß die Geschwindigkeit, wie wir schon weiter oben sahen, nicht weit von dieser Größe verschieden ist.

Bei den Windmühlen rührt die Beschränkung von einer andern Ursache her. Wenn die Größe der Oberfläche gegeben ist, so hängt die Wirkung von dem Winkel ab, unter welchem die Flügel gestellt sind, und der Druck gegen dieselben wird am stärksten sein, wenn sie senkrecht gegen die Richtung des Windes stehen. Allein es findet alsdann keine drehende Bewegung statt und eben so wenig, wenn die Flügel parallel mit der Richtung des Windes stehen. Es ist daher ein zwischen beiden liegender Winkel bestimmt, den die Theorie zu 50° 40′ angiebt. Nach den Versuchen von Smeaton giebt dieser Winkel zwar fast den größten Nutzeffect, wenn die Flügel keine Belastung haben, nicht aber wenn sie zur Bewegung einer Mühle oder sonstigen Maschinerie angewendet werden sollen. Die Erfahrung hat ungefähr 72° als den besten Winkel nachgewiesen.

Die Dampfmaschine scheint fast frei von jeder Beschränkung zu sein. Zwar wird die Wirkung der Dämpfe auf den Kolben durch die Geschwindigkeit des Kolbens selbst vermindert, allein die Geschwindigkeit, mit der solch ein, elastisches Fluidum, wie Dampf, in eine Luftleere strömt, ist so groß, daß die Geschwindigkeit des Kolbens dagegen verhältnißmäßig gering ist, und die Beschränkung daher hier nicht liegt. Die Beschaffenheit der Maschine selbst setzt aber Grenzen; die Länge des Kolbenhubes und die Geschwindigkeit, welche durch das Wechseln und andere Umstände einen Verlust erleidet, setzen nothwendig Schranken; so daß auch hier eine lange Erfahrung eine gewisse Geschwindigkeit als zweckmäßiger, wie jede andere zur Hervorbringung des Nutzeffects, gefunden hat. Es beträgt diese Geschwindigkeit, nach der Annahme der besten Meister, ungefähr 220 Fuß in der Minute.

Diese Bemerkungen gelten auch für die Anwendung der bewegenden Kraft auf den eigentlichen Betriebspunkt der Maschine. Da durch jene Geschwindigkeit oder Rotation erlangt ist, so muß dieselbe durch Maschinentheile, durch sogenanntes Zwischengeschirr, mit dem wirkenden Theil verbunden werden und zwar mit einer Geschwindigkeit, welche der der bewegenden Kraft gleich, oder größer, oder geringer als dieselbe ist. In Beziehung auf die Gleichförmigkeit der Bewegung, kann man dem wirkenden Maschinentheil jede beliebige Schnelligkeit geben; allein hier muß wieder auf die Beschaffenheit des zu überwindenden Widerstandes, oder auf denjenigen Rücksicht genommen werden, den die zu leistende Wirkung dem Nutzeffect der Maschine entgegensetzt.

Zuweilen widersetzt sich dem Werke nicht ein einfaches Hinderniß, sondern ein wirklicher Widerstand durch Reaction, der eine Rückwärtsbewegung der Maschine veranlaßt. Dieß ist stets da der Fall, wo ein schwerer Körper zu

heben, oder eine Feder zu biegen oder zusammenzudrücken ist, und in einigen andern Fällen. Bei andern Maschinen findet keine solche Reaction, sondern nur eine Hemmung statt. Eine Mahlmühle, eine Bohrmaschine, eine Sägemühle und manche andere Maschinen, zeigen keine solche Reaction; allein obgleich dieselben, wenn sie stehen, oder wenn die bewegende Kraft nicht darauf einwirkt, keinen Druck von der entgegengesetzten Richtung erhalten, so bewegen sie sich doch auch nicht weiter, als bis daß sie von einer Kraft von gewisser Stärke getrieben werden, indem jeder geringere Grad derselben sie gänzlich unbewegt läßt. So muß bei einer Sägemühle eine gewisse Kraft auf die Zähne der Säge wirken, damit die Cohäsion der Holzfasern überwunden wird. Dieß erfordert, daß eine bestimmte, mit der Maschine im Verhältniß stehende Kraft auf die wirkenden Theile derselben eingreift. Wäre die Kraft nicht bedeutender, so würde nur der Cohäsion des Holzes das Gleichgewicht gehalten werden, allein es würde keine Bewegung erfolgen. Wird aber die bewegende Kraft noch verstärkt, so wird die Cohäsion des Holzes auch überwunden, und die Maschine wird in vollständigen Betrieb gesetzt. Es ist daher einleuchtend, daß nur diese hinzugekommene Kraft wirklich als bewegendes oder nutzbares mechanisches Agens wirkt, und daß die übrige nur den Zweck hat, der Cohäsion des Holzes das Gleichgewicht zu halten. Wir können daher, wenn die Maschine im Betriebe ist, annehmen, daß zwei Kräfte darauf einwirken, von denen die eine auf den Angriffspunkt wirkt, die ganze Maschine in Betrieb setzt, und gleich der ganzen angewendeten Kraft ist, die andere aber an dem Betriebstheil der Maschine in einer entgegengesetzten Richtung wirkt, und gleich dem ganzen Widerstand ist, den das zu leistende Werk entgegensetzt. Es ist auch zu bemerken, daß es nicht allein der Widerstand von der zu leistenden Arbeit ist, den die bewegende Kraft zu überwinden hat, sondern sie muß nothwendig auch die Trägheit aller Maschinentheile zwischen dem Angriffspunkte und dem wirkenden Theile, so wie die Friction aller reibenden Oberflächen überwinden; d. h. ehe die erforderliche Kraft an dem wirkenden Theile ausgeübt werden kann, müssen die verschiedenen verbindenden Kräfte auf die verschiedenen Maschinentheile einwirken. Damit nun ferner der wirkende Theil dem Angriffspunkte nachkomme, müssen alle verbindenden oder die Bewegung fortpflanzenden Maschinentheile, so wie die Glieder eines Thieres, nach verschiedenen Richtungen und mit verschiedenen Geschwindigkeiten bewegt werden. Folglich wird fortwährend Kraft angewendet, um diese Veränderungen hervorzubringen, welche auf den wirkenden Maschinentheil gänzlich ohne Effect ist, und gewissermaßen auf dem Wege entzogen wird, oder verloren geht. Ganz dasselbe läßt sich auch von dem Widerstande sagen, der durch die Reibung hervorgebracht ist. Ehe alles dieß geschehen kann, muß Zeit vergehen, und besonders ist zu den wiederkehrenden, oder hin- und her gehenden Bewegungen viel Zeit und Kraft erforderlich, wie wir im Verfolg des Werkes noch näher sehen werden. Es ist daher gänzlich unzweckmäßig, eine wiederkehrende Bewegung unnöthiger Weise bei einer Maschine anzuwenden, und es muß dieß von einem umsichtigen Maschinenbauer gänzlich vermieden werden. Jedoch ist es bei mehren der vollkommensten Maschinen, z. B. bei den Dampfmaschinen, gar

Digitized by Google

nicht zu umgehen möglich. Bei diesen müssen der Balancier und das Pumpengestänge, die oft mehre Tonnen wiegen, eine sehr schnelle Bewegung in entgegengesetzter Richtung, zweimal bei jedem Kolbenhube, annehmen. Noch mehr ist dieß der Fall bei denjenigen Maschinen, die in allen ihren Theilen eine widerkehrende Bewegung haben.

Bei der Anwendung der bewegenden Kräfte auf den Angriffspunkt der Maschinen, müssen wir wegen der beschränkten Anzahl der zu diesem Zweck benutzten Agentien, alle Fälle, sowohl theoretisch als experimentell untersuchen, um zu gewissen festen Prinzipien zu gelangen; dasselbe aber bei Anwendung des wirkenden Theils auf den Nutzeffect, den er zu leisten hat, auszuführen, ist gänzlich unmöglich. Dieser Nutzeffect mag nun einen Knopf poliren, oder einen Stabhammer von mehren Tonnen Gewicht bewegen, Korn mahlen, Oel auspressen, Baumwolle spinnen, oder tausend andere Operationen ausführen, in denen die Fragen von Geschwindigkeit und Widerstand jede mögliche Verschiedenheit des Charakters annehmen. Es würde daher nur eine bloße Affectation der Genauigkeit, und eine Entwürdigung der mathematischen Prinzipien sein, wollte man diese in solchen Fällen zu Hülfe nehmen. Zwar ist es

richtig, daß, wenn man die Summe aller der Widerstände, mit Einschluß der Reibung gleich einem gewissen Gewicht annimmt, welches dem wirkenden Theil angehängt worden, man die Frage in mathematischer Form lösen und ihr das Ansehen vollkommener Genauigkeit geben kann; denn die Schwierigkeit liegt nicht in der Verwandlung der Formel, sondern in der Bestimmung der Data, und da es unmöglich ist, dieß mit irgend einem Grade der Sicherheit auszuführen, so wollen wir, unerachtet es andere Autoren über das Maschinenwesen gethan haben, durchaus in keine Berechnungen über diese Gegenstände eingehen. Wir haben es für nothwendig erachtet, die Aufmerksamkeit unserer Leser auf die Beschaffenheit der Schwierigkeiten aufmerksam zu machen, mit denen der Mechaniker zu kämpfen hat. Wir wollen ihn auf die Bahn zu leiten suchen, die er zu verfolgen hat, um die Kraft auf die zu leistende Wirkung richtig anzuwenden; allein Regeln, dieß ins Werk zu setzen, können wir nicht geben, da gar keine sichern vorhanden sind, und weil zu viel dem eigenen Urtheil, den Mitteln und den Kenntnissen des Maschinenbauers zu überlassen ist, welche er nur durch Erfahrung zu erlangen vermag.

Drittes Capitel.

Von den Elementartheilen der Maschinen und ihrer Konstruktion.

Ehe wir zu der allgemeinen Beschreibung der Maschinen unter ihrer verschiedenen Form übergehen, wird es zweckmäßig sein, von ihren einzelnen Theilen zu reden und manche von den technischen Ausdrücken zu erklären, mittelst denen verschiedene Theile von einander unterschieden werden.

Räder.

Die allgemeine Bezeichnung dieses Worts ist hinlänglich bekannt. Wir betrachten hier jedoch nur solche Räder, die zur Fortpflanzung der Bewegung bei Maschinen angewendet werden. Es sind dieß Zahnräder, Stirnräder, Kammräder, Winkelräder ꝛc. Einige Autoren unterscheiden die Zähne (Teeth engl.) von den Kämmen (Cogs engl.). Buchanan sagt, daß der Ausdruck Zahn nur dann gebraucht werden müsse, wenn das Rad und die Zähne aus einem Stück bestehen, z. B. wenn das Rad gegossen oder aus einem Stück Metall geschnitten ist. Wenn aber die Zähne in ein Rad, es sei nun zur Seite oder oben, eingesetzt sind, so sollen selbige Kämme genannt werden. Dieselbe Erklärung giebt auch Neumann, wogegen nach Eytelwein Zähne nur bei Stirnrädern, Kämme aber bei Kammrädern vorkommen, sie mögen übrigens in das Rad eingesetzt, oder, wie bei den metallenen Rädern, darin eingeschnitten oder daran gegossen sein. Das letztere entspricht dem Sprachgebrauch mehr und ist auch, wenigstens in Deutschland, allgemein angenommen.

Ein Stern- oder Stirnrad (Spur-well, engl.) ist ein solches, bei welchem die Zähne am äußern Umfange der Peripherie eingeschnitten oder eingesetzt worden sind, und bei denen sie in der Richtung der Radien stehen.

Ein Kamm- oder Kronrad (Face-wheel, engl.) nennt man ein solches, bei welchem die Zähne an der Seitenfläche des Rades, oder in einer winkelrechten, mit der Are desselben parallelen Richtung eingeschnitten oder eingesetzt worden sind. Diese Räder wurden früher, als man noch keine gußeiserne Räder kannte und auch jetzt noch, bei gewöhnlichen hölzernen Mühlwerken, in Verbindung mit den sogenannten Drehlingen dazu angewendet, die Bewegung in rechtwinklicher Richtung fortzupflanzen. Jetzt sind die Kammräder durch die Winkelräder sehr verdrängt und werden verhältnißmäßig nur noch wenig benutzt.

Winkel- oder konische Räder (Bevelled or mitre wheels, engl.) haben ihre Zähne auf der konisch geformten oder schiefen Kante, so daß zwei, sich mit einander bewegende Räder einen Winkel miteinander bilden. Dieser Winkel hängt von dem ab, welchen die Aren der beiden Räder mit einander machen und da dieser gewöhnlich ein rechter ist, so beträgt jener einen halben rechten oder 45°. Die Einführung dieser Räder beim Maschinenwesen ist eine verhältnißmäßig neue Verbesserung. Es greifen stets zwei Winkelräder in einander, und es kann nie ein Winkelrad mit einem andern Zahnrade unmittelbar verbunden werden.

Wenn zwei Zahnräder von verschiedener Größe in einander greifen, so nennt man das größere das Rad (Wheel) und das kleinere das Getriebe (Pinion, dessen Zähne leaves).

Digitized by Google

Hölzerne Getriebe haben gewöhnlich die in Fig. 8, Taf. I., dargestellte Form. Sie bestehen nämlich aus zwei parallelen Scheiben, welche an ihren Seitenflächen durchbohrt und in die entstandenen kreisrunden Löcher sind cylindrische Stäbe eingetrieben. Getriebe dieser Art heißen Trillinge oder Drehlinge (Trundle, lantern, wallower) und die cylindrischen Stäbe Triebstöcke (Staves, rounds). Wenn solche Getriebe an starken Wellen angebracht werden, welche einen gleichen, oder selbst größern Durchmesser als jene haben, so werden die Triebstöcke in dieselbe eingelegt oder darin ausgearbeitet und dieß ein Kumpf genannt.

Ein Schwungrad (Fly wheel) ist eine große schwere Scheibe, oder ein gußeiserner Kranz, der an irgend einem sich drehenden Maschinentheil befestigt ist, um der Bewegung Gleichförmigkeit zu geben.

Die Are, an welcher ein großes Rad befestigt ist, heißt eine Welle (Shaft, engl.); die Aren für kleinere Räder heißen dagegen Spindeln (Spindle, engl.). Wenn Wellen eine horizontale Richtung haben, so heißen sie liegende, und haben sie eine senkrechte Richtung, stehende Wellen.

Derjenige Maschinentheil, welcher eine Welle trägt, oder in dem sie sich dreht, heißt das Zapfenlager oder die Pfanne (im engl. Carriage, wenn es einen Theil von dem Gestell der Maschine selbst bildet, Plumber oder pillow block, wenn es von demselben getrennt ist; hat eine horizontale Welle ein Pfannenlager zwischen den beiden Endpunkten, so heißt der Theil, welcher sich darin bewegt Journal, Hals, Schläth); für senkrechte Wellen auch Spur (Step, engl. und die Pfannen, in denen sich die Hälse — Journals, — genannten Theile der senkrechten Wellen bewegen, bushes und bei kleinern Wellen breasts).

Die Wellen bestehen aus Holz oder aus Gußeisen; die hölzernen haben an ihren Enden kurze eiserne Aren, Zapfen (Gudgeons), deren Beschaffenheit weiter unten beschrieben werden soll.

Zuweilen, z. B. bei Spinnereien und Walzwerken, ist es erforderlich, die Bewegung auf so weite Strecken fortzupflanzen, daß dazu eine Welle nicht hinreicht, sondern daß mehre miteinander verbunden werden müssen. Man nennt diese Verbindungen Kuppelungen (Coupling). Werden die Enden der Wellen mittelst einer übergreifen Büchse oder Hülse vereinigt, so heißt diese eine Muffe (Coupling box); ist aber keine solche Muffe vorhanden, so nennt man die Kuppelung Klauen (Clutches, Glands, englisch).

Nachdem wir nun die Ausdrücke, mit denen die Arbeiter einige von den gewöhnlichern Maschinentheilen bezeichnen, im Allgemeinen erklärt haben, wenden wir uns zu einer speziellern Betrachtung derselben und zu den Regeln, welche bei ihrer Construction berücksichtigt werden müssen.

Von den Zähnen der Räder.

Die Gestalt der Radzähne ist offenbar ein sehr wichtiger Gegenstand, der sich auf streng mathematische Grundsätze zurückführen läßt und der die Aufmerksamkeit verschiedener ausgezeichneter Mathematiker auf sich gezogen hat, von denen, so wie von mehren geschickten Praktikern, sehr nützliche Regeln aufgestellt, deren einige weiter unten mitgetheilt worden sind. Um dieselben jedoch gehörig zu verstehen, sind hier erst einige Erklärungen erforderlich. Wenn zwei Zahnräder in einander eingreifen, so heißt die ihre Mittelpunkte verbindende Linie, die Mittelpunktslinie; derjenige Kreis, welcher durch die Mitte der Zähne eines Rades läuft, der Theilriß (Pitch line); die Entfernung der Zähne oder Kämme von einander, auf diesem Theilriß, die Theilung (Pitch of the teeth). Dieß Wenige wird hinreichen, um die nachstehenden Regeln zu verstehen.

Von einer Reihe ausgezeichneter Mathematiker ist freilich bewiesen worden, daß die beste Gestalt der Radzähne die epicykloidische sei; allein es sind bei dieser Bestimmung einige praktische Punkte übersehen worden, und die jetzige, am allgemeinsten angenommene Methode ist daher die, sie nach Kreisbogen zu bilden und ihre Anzahl so viel als thunlich zu vermehren, so daß zwei oder drei zu gleicher Zeit wirken, wodurch ein weit sanfterer und gleichförmigerer Druck erlangt wird, als mittelst großer Zähne, welche nach den genauesten mathematischen Regeln construirt sind. Die Gleichförmigkeit der Bewegung wird bei einigen Rädern auch noch weiter dadurch erlangt, daß sie drei oder vier Reihen von Rädern auf derselben Oberfläche haben, die gleichförmig auf einander folgen, so daß mehre Zähne auf einmal wirken und die Anzahl der Berührungspunkte weit bedeutender ist.

Es ist eine etwas verschiedene Form erforderlich, je nachdem das Rad in die Triebstöcke eines Trillings, oder in die Zähne eines Getriebes greift. Für den ersten Fall, d. h. wenn das Rad in cylindrische Triebstöcke greift, empfiehlt Tredgold in seiner Ausgabe des weiter unten näher bezeichneten Buchanan'schen Werks, folgende Construction.

Es sei C D, Fig. 1, Taf. I, die Mittelpunktslinie, EE der Theilriß des Trillings und FF der des Rades; man nehme ferner an, daß der Mittelpunkt des Triebstockes A in der Mittelpunktslinie CD liege. Nun stelle man den einen Zirkelschenkel in den Mittelpunkt des Triebstockes A und beschreibe den Bogen bc, welcher die Gestalt des Zahnes ist. Der Theil des Zahns von dem Rade innerhalb des Theilrisses kann, wie die Figur zeigt, mit Kreisbögen beschrieben werden. Es ist leicht einzusehen, daß der Halbmesser zur Beschreibung des Zahnes, gleich der Theilung ist und auch, daß die Mittelpunkte dieser Bogen auf dem Theilriß des Rades liegen werden.

Einige Mechaniker haben vorgeschlagen, daß die Friction der Radzähne an den Triebstöcken vermindert werden würde, wenn die Triebstöcke sich umdrehen könnten; allein es war dieß sehr schwierig und bei einem schnellen Gange der Räder unmöglich.

Smeaton schlug vor, die gußeisernen Triebstöcke mit ovalem Querschnitt zu machen und ihnen durch Abschleifen eine recht glatte Oberfläche zu geben; allein es hat dieß keine wesentlichen Vortheile.

Für die Construction der Zähne eines Rades und eines Getriebes giebt Buchanan folgende Regeln:

Nachdem man auf den Theilriß, Fig. 2, nach der Stärke der Zähne, die Punkte G, Q, L und OoH aufgetragen hat, ziehe man Linien von diesen Punkten nach den Mittelpunkten der respectiven Kreise, welche die Seiten der Räume zwischen den Zähnen des Rades und des Ge-

Digitized by Google

triebes bilden. Die Tiefe dieser Räume muß so sein, daß der gekrümmte Theil der beiderlei Zähne sich frei bewegen kann. Man beschreibe alsdann auf den Endpunkten der Seiten jedes Zahnes Epiekloiden, wie QD, LD, mit dem Erzeugungskreis Y, dessen Durchmesser dem Halbmesser des Theilrisses von dem Getriebe gleich ist, auf der Peripherie des Theilrisses des Rades, als Basis. Nachdem wir nun die Art und Weise der Construction der Zähne für das Rad gezeigt haben, ist die der des Getriebes auch einleuchtend: vv ist der Erzeugungskreis seiner Epiekloide auf der Peripherie des Theilrisses von dem Getriebe, als Basis.

Wenn die Zähne klein sind und nicht eher anfangen zu wirken, bis sie in die Mittelpunktslinie gelangen, so können die Zähne des Rades, wenn dieses das Getriebe treibt, oder die des letztern, wenn es das Rad treibt, durch einen Kreisbogen beschrieben werden, dessen Radius gleich der Theilung ist, und dessen Mittelpunkt auf dem Theilriß des Rades oder des Getriebes liegt.

Diese Methode setzt immer jeden Arbeiter in den Stand, kurze Zähne richtiger anzufertigen, als dieß mittelst irgend einer Patrone möglich ist. Solche Patronen zu Zähnen und zusammengesetzten Curven mögen unter besondern Umständen ihren Nutzen haben, z. B. dann, wenn die Zähne im Verhältniß zu der Größe des Rades oder Getriebes, dem sie angehören, lang und groß sind. Bei allem gewöhnlichen Räderwerk aber erfordern solche Operationen sehr viel Arbeit, um denselben Grad von Genauigkeit zu erreichen, der mittelst Kreisbogen sogleich erlangt werden kann.

Mit Hülfe der Figur 3 erklären wir eine sehr einfache Methode, dieß auszuführen. Nachdem das Rad angefertigt, und die Zähne weit größer, als sie eigentlich werden sollen, daran befestigt worden sind, wird auf dem Theilungsdurchmesser ein Kreis A A, der Theilriß, beschrieben, der Bogen B B, innerhalb des Theilrisses, für den untern Theil der Zähne, und ein dritter, D D, außerhalb desselben, für die äußersten Enden der Zähne. Nach diesen Vorbereitungen wird der Theilriß sehr genau in die Anzahl der Zähne getheilt, welche das Rad haben soll. Man nimmt alsdann einen Zirkel, öffnet ihn auf 1½ dieser Theilung, und beschreibt alsdann mit diesem Halbmesser auf jeder Seite der Theilung Bogen von dem Theilriß A bis zu dem äußern Kreise D D. Setzt man daher die Zirkelspitze in die Theilung o, so wird auf der einen Seite des Zahns die Curve f g und auf der andern die n o verzeichnet. Darauf wird die Zirkelspitze in die nächste Theilung k gesetzt und die Curve l m beschrieben, wodurch der gekrümmte Theil des Zahnes e vollendet ist. Dasselbe geschieht mit jedem Zahn. Der übrige Theil des Zahnes, innerhalb des Theilrisses A A, wird durch zwei gerade Linien begränzt, die von den Punkten g und m nach dem Mittelpunkt gezogen werden, wie bei der vorhergehenden Methode bemerkt worden ist. Ist dieß ringsum geschehen, so werden die Zähne nach den vorgezeichneten Linien ausgeschnitten und das Rad ist alsdann fertig, um als hölzernes Rad, oder als Modell zum Einformen eines in Eisen abzugießenden, benutzt zu werden.

Es sind auch noch andere Methoden zur Construction der Zähne vorgeschlagen, von denen wir folgende mittheilen. Es drücke der Zahn von A (Fig. 4) gegen den Zahn von B, an dem Punkte C, so ziehe man die Linie F C D E senkrecht auf die sich in C berührenden Oberflächen. Man ziehe ferner A F B E senkrecht auf F E und und man lasse F E die Linie A B in D schneiden. Nun ist es aus den gewöhnlichen mechanischen Sätzen klar, daß wenn die, auf die angegebene Weise gezogene Linie F E stets durch denselben Punkt C geht, die gegenseitige Wirkung der Räder stets dieselbe sein wird, die Stellung des wirkenden Zahns mag sein, welche sie wolle. Allein diese Construction ist einer Beschränkung unterworfen, die nicht unberücksichtigt gelassen werden darf. Der Zahn muß so gemacht werden, daß auf den gekrümmten Theil von dem Zahn von B ein gerader Theil des Zahns von A wirkt, bis daß er im Verlauf seiner Wirkung zu der Linie A B gelangt, worauf die gekrümmten Theile von A auf die geraden von B wirken, oder die ganze Wirkung von A oder B entweder vollendet ist, oder an der Linie A B, welche die Mittelpunkte der Räder verbindet, nur beginnt.

Die folgende Gestalt der Zähne sichert die vollkommene Gleichförmigkeit der Wirkung, ohne die obige Beschränkung, erfordert aber eine sehr genaue Ausführung. Man bilde die Zähne der Räder durch Abwickelung ihrer Peripherie durch die Kreisevolvente, d. h. man lasse die wirkende Fläche G C H des Zahnes A die Gestalt einer Curve haben, welche durch das Ende des, von der Peripherie abgewickelten Fadens F C gebildet wird. Eben so werde die wirkende Fläche des Zahnes B dadurch gebildet, daß man einen Faden von der Peripherie abwickelt. Es ist klar, daß die Linie F C E, welche senkrecht auf den sich in dem Punkte C berührenden Oberflächen steht, genau die Richtung der Lage der sich abwickelnden Fäden ist, mittelst denen die beiden wirkenden Oberflächen gebildet werden. Die Linie muß daher die gemeinschaftliche Tangente der beiden Kreise oder Peripherien der Räder sein, und wird daher die Linie, A B stets in demselben Punkt D schneiden. Diese Gestalt gestattet, daß die Zähne durch die ganze Ausdehnung der Linie F C E auf einander wirken und daher mehre Zähne zu gleicher Zeit. Indem auf diese Weise der Druck zwischen mehren Zähnen vertheilt wird, vermindert er seine Quantität auf einem und daher die Friction ganz bedeutend. Die ganze Seite eines drei Zoll langen Zahns, der einem Rade von zehn Fuß Durchmesser angehört und welcher auf den Zahn eines Rades von zwei Fuß Durchmesser wirkt, beträgt nur 1/10 Zoll, daher eine gänzlich unbedeutende Größe.

Ehe wir den Gegenstand verlassen, wollen wir jedoch noch eine von Hrn. Tredgold vorgeschlagene Methode, die Zähne zweier Räder oder eines Rades und Getriebes, die in einander eingreifen, zu theilen, beschreiben, wobei er die Zähne des kleinen Rades oder Getriebes die Triebstöcke eines Trillings vorstellen läßt. Die Zähne seien wie gewöhnlich auf den Theilrissen E E und F F, Fig. 5, getheilt und auf dem Rade C beschreibe man Kreise, gleich den Triebstöcken. Man nehme nun an, daß der Mittelpunkt von einem dieser Triebstockzähne in der Mittelpunktslinie bei A liege und man ziehe die Linie A B, welche die Mittelpunkte der Triebstockzähne verbindet. Der Halbmesser A b wird alsdann von dem Punkt A aus die gekrümmte Seite b o des Zahns von dem treibenden Rade beschreiben,

Digitized by Google

so wie auch den gekrümmten Theil ba des getriebenen Rades, und da dieser Halbmesser gleich der Theilung, weniger der Hälfte des Durchmessers von dem Kreise des triebstockartigen Zahns ist, und da endlich die Mittelpunkte stets in dem Theilriß der Räder liegen, so lassen sich alle andern Zähne leicht verzeichnen.

Winkel- oder konische Räder können als aus zwei Kegeln, deren Oberflächen sich an einander wälzen, angesehen werden. So kann man CD und DE, Fig. 6, als die Grundflächen zweier Kegel betrachten, die sich um ihre Mittelpunkte drehen und die mit Zähnen versehen sind, welche von dem Scheitel B nach der Basis CD und DE divergiren; da aber die Zähne in der Nähe der Spitze von dem Kegel klein und von geringem Nutzen sind, so können sie bei G und H weggeschnitten werden. Man kann die Zähne von jeder Breite machen, nach der Last, die sie zu überwinden haben, und dieß ist sehr wichtig, weil sie auf diese Weise einen weit größern Widerstand überwinden und weit sanfter gehen können, als ein Kammrad und ein Triebstock nach der alten Einrichtung. Außerdem sind die Winkelräder geeignet, die Bewegung nach jeder Richtung oder nach jedem Theile eines Gebäudes weit leichter und mit einer geringern Friction fortzupflanzen, als Räder von irgend einer andern Construction.

Die Wirkung der Zähne der Winkelräder (bevelled gear) ist der der gewöhnlichen Zahnräder genau ähnlich, und da die Abnahme der Zähne nach dem Scheitel des Kegels in beiden Rädern in gleichem Verhältniß steht, so kann dieselbe Form der Zähne, wie wir sie beschrieben haben, angewendet werden. Dagegen ist ihre Construction etwas schwieriger. Es sei CD, Fig. 6, ein Winkelrad, ein Theil von dem Kegel CBD und AB seine Axe. Der Kegel ACD sei wechselsweise beschrieben, oder seine schieflaufende Höhe stehe rechtwinklig auf CBD, so ist es klar, daß dieser Kegel die Zähne rechtwinklig schneidet und folglich, daß die wirkliche Form derselben auf seiner Oberfläche dargestellt werden kann. Man sieht auch leicht ein, daß die Oberfläche dieses Kegels auf einer Fläche entwickelt werden kann, indem man ihn rund um seinen Scheitel, wie um einen Mittelpunkt, aufrollt, und daß daher die wirklichen Eindrücke der Zähne auf diese Weise gemacht werden. Der Theilriß CD wird daher der Sector eines Kreises sein, der die geneigte Höhe BC zum Halbmesser hat.

Es kann daher dies umgekehrte Verfahren bei der Construction der Zähne von Winkelrädern angewendet werden, und Hr. Tredgold empfiehlt die Anfertigung von zwei oder drei Patronenzähnen aus Kupferblech oder von irgend einem andern biegsamen Material, sowohl für die breitere, als auch für die schmälere Seite des Zahns.

Stärke der Radzähne. — Nachdem wir nun einige von den am meisten praktischen Verfahrungsarten der Construction der Radzähne beschrieben haben, ist es zweckmäßig, einige kurze Bemerkungen über die Stärke zu machen, welche die Zähne, im Verhältniß zu dem Widerstande, den sie zu leisten, haben müssen. Es ist dieß aber eine einfache Frage; denn da der Druck auf dem Theilrisse statt findet, so können die Zähne als ein Balken betrachtet werden, der an seinem einen Ende befestigt ist und an dem andern einen Druck erleidet; wenn demnach die Länge, Breite und Dicke gegeben ist, so kann die Stärke leicht gefunden werden.*

Ist daher der Druck, die Länge und die Dicke eines Zahns gegeben, so kann seine Breite, wenn das Material Gußeisen ist, durch folgende Regel gefunden werden.

Man multiplicire den Druck an dem Theilrisse mit der Länge des Zahnes bis zu dieser Linie in Zollen, und dividire das Product mit 2544 Mal dem Quadrat der Stärke, und der Quotient wird die Breite in Zollen angeben.

Wenn daher der Druck an dem Theilriß eines Rades 6000 Pfund beträgt, die Stärke der Zähne 1 ½ und die Länge 3 Zoll sind man will die Breite wissen, so macht man folgenden Ansatz:

$$\frac{6000 \times 3}{2544 \times 1{,}5^2} = 3{,}14 \text{ Zoll} = \text{der Breite.}$$

Eine solche Rechnung ist jedoch selten erforderlich, weil die Breite der Zähne gewöhnlich die durch die Stärke des Druckes bedingte bei weitem übertrifft. Die geschicktesten Mühlenbauer nehmen für die Breite der Räder, und folglich auch der Zähne, ungefähr das Zwei- oder Dreifache von der Theilung.

Die folgende Tabelle ist als ein Beispiel für Theilung und Dimensionen der Zähne anzusehen, so wie sie an wirklich ausgeführten und sehr gut wirkenden Rädern vorhanden sind; auch die Pferdekräfte und die Geschwindigkeit sind angegeben.

Tabelle
über die Theilung und die Dimensionen von Radzähnen, nebst Angabe der Pferdekräfte, denen sie Widerstand zu leisten haben.

Theilung der Zähne in Zollen.	Stärke der Zähne in Zollen.	Breite der Zähne in Zollen.	Länge der Zähne in Zollen.	Pferdekraft bei 2,27 Fuß in der Secunde.	Pferdekraft bei 3 Fuß in der Secunde.	Pferdekraft bei 6 Fuß in der Secunde.	Pferdekraft bei 11 Fuß in der Secunde.
4,2	2,0	8,0	2,40	13,33	17,61	35,23	64,6
3,99	1,9	7,6	2,28	13,03	15,90	31,80	58,30
3,78	1,8	7,2	2,16	10,80	14,27	28,54	52,32
3,57	1,7	6,8	2,04	9,63	12,72	25,54	46,68
3,36	1,6	6,4	1,92	8,53	11,27	22,54	41,32
3,15	1,5	6,0	1,80	7,50	9,91	19,82	36,33
2,94	1,4	5,6	1,68	6,53	8,63	17,26	31,64
2,73	1,3	5,2	1,56	5,63	7,44	14,88	27,28
2,52	1,2	4,8	1,44	4,80	6,34	12,68	23,22
2,31	1,1	4,4	1,32	4,03	5,32	10,64	19,54
2,10	1,0	4,0	1,20	3,33	4,40	8,81	16,15
1,89	0,9	3,6	1,08	2,70	3,57	7,14	13,09
1,68	0,8	3,2	0,96	2,13	2,81	5,62	10,33
1,47	0,7	2,8	0,84	1,63	2,15	4,30	7,88
1,26	0,6	2,4	0,72	1,20	1,59	3,18	5,83
1,05	0,5	2,0	0,60	0,83	1,10	2,20	4,03

* Die Erfahrungen über die Stärke und Festigkeit der Materialien müssen wir hier als bekannt voraussetzen, indem es uns zu weit führen würde, den Gegenstand auf eine, den Praktiker befriedigende Weise abzuhandeln. Die neuern und besten Erfahrungen findet man trefflich zusammengestellt vom Prof. Burg zu Wien, in den Jahrbüchern des polytechnischen Instituts, Band 19, S. 41 – 93.

Digitized by Google

Es muß noch bemerkt werden, daß das herrschende Verhältniß in dieser Tabelle das ist, daß die Theilung das 2,1 fache von der Breite des Zahns und die Länge das 1,2 fache von derselben ist. Jedoch sind die Angaben verschiedener Maschinenbauer sehr verschieden, so daß keine bestimmte Regel gegeben werden kann.

Das Verhältniß zwischen den proportionalen Halbmessern eines Rades und der Anzahl so wie der Theilung seiner Zähne ist übrigens bestimmt, und der Engländer Bryan Donkin hat darüber Tabellen mitgetheilt, welche die verschiedenen Halbmesser der Räder mit einer Theilung von 2 Zoll, von 10 bis zu 300 Zähnen, zeigen und die sehr nützlich sind. Herr Barlow hat diese Tabellen auf 1 Zoll Theilung reducirt und dadurch noch vereinfacht. Es ist daher nur nöthig, die Zahlen, die in der Tabelle neben denjenigen stehen, welche die Anzahl der Zähne bezeichnen, mit der vorgeschlagenen Theilung zu multipliciren; das Product wird alsdann der verhältnißmäßige Halbmesser, von dem Mittelpunkte bis zum Theilkreise gemessen, sein.

Das Prinzip, woranf die Tabelle gegründet worden,

ist einleuchtend. Wenn wir 360° mit dem Doppelten der Zähnezahl multipliciren, so erhalten wir den halben Winkel von dem, welchen die Theilung mit dem Mittelpunkte macht, und die Cosecante dieses Winkels zu einem Radius, der gleich der Hälfte der Theilung, ist offenbar der gesuchte Halbmesser. Wir können daher die Regel in der folgenden allgemeinen Formel darstellen:

$$\text{der Halbmesser des Rades} = \frac{1}{2}\,p \times \operatorname{cosec}.\frac{180^\circ}{\text{Anz. d. Zähne}}.$$

In der folgenden Tabelle ist $p = 1$; man multiplicire daher für jeden andern Fall die Zahl in der Tabelle mit der Theilung für den verlangten Radius.

Bemerkung. Bei jeder größern Anzahl von Zähnen als die in der Tabelle angegebene, wird man hinlänglich genau zu Werke gehen, wenn man die Hälfte der gegebenen Zahl nimmt und das Resultat verdoppelt; allein für jede Zahl unter 10 ist es besser, der allgemeinen Formel zu folgen.

Tabelle

über die Halbmesser der Räder, welche von ihrer Theilung und von der Anzahl der Zähne abhängen.

Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.
10	1,618	41	6,532	72	11,463	103	16,395	134	21,328	165	26,262
11	1,774	42	6,691	73	11,622	104	16,554	135	21,488	166	26,421
12	1,932	43	6,850	74	11,781	105	16,713	136	21,647	167	26,580
13	2,089	44	7,009	75	11,940	106	16,873	137	21,806	168	26,739
14	2,247	45	7,168	76	12,099	107	17,032	138	21,965	169	26,899
15	2,405	46	7,327	77	12,258	108	17,191	139	22,124	170	27,058
16	2,563	47	7,486	78	12,417	109	17,350	140	22,283	171	27,217
17	2,721	48	7,645	79	12,576	110	17,509	141	22,442	172	27,376
18	2,879	49	7,804	80	12,735	111	17,668	142	22,602	173	27,535
19	3,038	50	7,963	81	12,895	112	17,827	143	22,761	174	27,694
20	3,196	51	8,122	82	13,054	113	17,987	144	22,920	175	27,853
21	3,355	52	8,281	83	13,213	114	18,146	145	23,079	176	28,013
22	3,513	53	8,440	84	13,371	115	18,305	146	23,238	177	28,172
23	3,672	54	8,599	85	13,531	116	18,464	147	23,397	178	28,331
24	3,830	55	8,758	86	13,680	117	18,623	148	23,556	179	28,490
25	3,989	56	8,917	87	13,849	118	18,782	149	23,716	180	28,649
26	4,148	57	9,076	88	14,008	119	18,941	150	23,875	181	28,808
27	4,307	58	9,235	89	14,168	120	19,101	151	24,034	182	28,967
28	4,465	59	9,394	90	14,327	121	19,260	152	24,193	183	29,126
29	4,624	60	9,553	91	14,486	122	19,419	153	24,352	184	29,286
30	4,783	61	9,712	92	14,645	123	19,578	154	24,511	185	29,445
31	4,942	62	9,872	93	14,804	124	19,737	155	24,670	186	29,604
32	5,101	63	10,031	94	14,963	125	19,896	156	24,830	187	29,763
33	5,260	64	10,190	95	15,122	126	20,055	157	24,989	188	29,922
34	5,419	65	10,349	96	15,281	127	20,214	158	25,148	189	30,081
35	5,578	66	10,508	97	15,440	128	20,374	159	25,307	190	30,241
36	5,737	67	10,667	98	15,600	129	20,533	160	25,466	191	30,400
37	5,896	68	10,826	99	15,759	130	20,692	161	25,625	192	30,559
38	6,055	69	10,985	100	15,918	131	20,851	162	25,784	193	30,718
39	6,214	70	11,144	101	16,077	132	21,010	163	25,944	194	30,877
40	6,373	71	11,303	102	16,236	133	21,169	164	26,103	195	31,036

Digitized by Google

Anzahl der Zähne	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.	Anzahl der Zähne.	Proportionaler Halbmesser.
196	31,196	213	33,901	230	36,607	247	39,312	264	42,018	281	44,723
197	31,355	214	34,060	231	36,766	248	39,471	265	42,177	282	44,882
198	31,514	215	34,219	232	36,925	249	39,630	266	42,336	283	45,042
199	31,673	216	34,378	233	37,084	250	39,790	267	42,495	284	45,201
200	31,832	217	34,537	234	37,243	251	39,949	268	42,654	285	45,360
201	31,991	218	34,697	235	37,402	252	40,108	269	42,813	286	45,519
202	32,150	219	34,856	236	37,561	253	40,267	270	42,973	287	45,678
203	32,310	220	35,015	237	37,720	254	40,426	271	43,132	288	45,837
204	32,469	221	35,174	238	37,880	255	40,585	272	43,291	289	45,996
205	32,628	222	35,333	239	38,039	256	40,744	273	43,450	290	46,156
206	32,787	223	35,492	240	38,198	257	40,904	274	43,609	291	46,315
207	32,996	224	35,652	241	38,357	258	41,063	275	43,768	292	46,474
208	33,105	225	35,811	242	38,516	259	41,222	276	43,927	293	46,633
209	33,264	226	35,970	243	38,675	260	41,381	277	44,087	294	46,792
210	33,424	227	36,129	244	38,835	261	41,540	278	44,246	295	46,951
211	33,583	228	36,288	245	38,994	262	41,699	279	44,405	296	47,111
212	33,742	229	36,447	246	39,153	263	41,858	280	44,564	297	47,270

Construction der Räder.

Früher wurden die Zahnräder von Holz gemacht und zuweilen wird dieß Material noch jetzt dazu angewendet; später fand man aber, daß gußeiserne Räder weit stärker, genauer und dauerhafter seien. Die Kränze der hölzernen Räder bestehen gewöhnlich aus mehren Stücken oder Felgen, welche aus Bohlen geschnitten, in doppelter oder dreifacher Lage, mit abwechselnden Fugen oder Stößen zusammengesetzt und mittelst hölzerner Nägel verbunden sind. Aus je weniger Theilen ein Radkranz besteht, um so einfacher und fester ist sein Bau; wenn aber die Räder klein und die Felgen lang sind, sonach die Jahre des Holzes stark überschnitten werden, so leidet dadurch auch die Festigkeit. Aus dieser Ursache pflegt man die gewöhnlichen Räder aus 6—8 Felgen anzufertigen und selbst bei kleinern nicht weniger als 4 Felgen in einer Lage anzunehmen. Fig. 7 zeigt den Aufriß eines hölzernen Stirnrades, dessen Kranz aus drei Lagen von Felgen besteht. Die mittlere Felgenlage besteht aus 6 Stücken, die an der inneren Seite gerade sind, wie aa zeigt, worin die Arme eingelassen und mit Bolzen befestigt sind. Auf jeder Seite der mittlern Felgen liegt eine andere Lage, bb, die auch nach innen zu nach der Peripherie ausgeschnitten ist. Die Fugen der letztern liegen über der Mitte der mittlern Felgen, und alle drei sind, wie schon bemerkt, mit Nägeln verbunden. Die Kämme oder Kammen sind in Löchern in der Peripherie des Rades befestigt und werden jeder durch einen, durch den Radkranz und den Stiel des Kammes getriebenen, oder auf der innern Seite des Kranzes vorgeschlagenen Nagel, in ihrer Lage erhalten. Die Arme der hölzernen Räder werden auf verschiedene Weise construirt; zuweilen gehen sie durch die gelochte Welle, und die Enden treten in Zapfenlöcher in den mittlern Felgen aa und werden dort mittelst Bolzen befestigt. Diese Art der Verbindung der Arme mit dem Kranz zeigt sich bei 1 (Fig. 8); allein sie ist nicht die beste, weil durch das Zerlochen die Welle sehr bedeutend geschwächt wird, und es hält schwer, ein solches Rad abzunehmen, wenn dieß wegen Auswechselung der Welle erforderlich ist. Es ist daher weit zweckmäßiger, die Arme (claps-arms im Engl. gen.) um die Welle zu legen, wie Fig. 7 zeigt. Es werden alsdann vier Arme angewendet, die übereinander geplattet sind und einen Rahm bilden, wie man aus der Figur ersieht, die in der Mitte eine quadratische Oeffnung haben und an ihren Enden mit dem Kranz durch Bolzen verbunden sind. Um ein solches Rad auf der Welle zu befestigen, werden mit derselben zuvörderst Stücke Holz verbunden, so daß sie auch quadratisch wird. Ueber diesen Theil wird nun das Rad geschoben und ringsum mit hölzernen Keilen befestigt. Da die quadratische Oeffnung zwischen den Radarmen weiter, als die Welle stark ist, so kann man die richtige Stellung des Rades durch das Verkeilen bewirken. Kammräder, wie Fig. 8, sind zuweilen mit Strebearmen, 1, versehen, die von dem Kranz zu der Welle gehen und in die letztere eingezapft sind, wie die punktirten Linien andeuten. Dadurch wird das Rad sehr stark und hält es unerschütterlich fest auf der Welle, welches sehr nothwendig ist, da die Wirkung der Zähne eines Kammrades und eines Getriebes oder Drehlings die ist, das Rad aus seiner senkrechten Stellung auf der Welle zu verdrängen, welches die Strebearme verhindern. Zuweilen werden auch zwei Lagen von Armen angewendet, welche zu jeder Seite der mittlern Felgen des Rades eingezapft und an den vier Punkten der Peripherie durch einen Bolzen mit dem Rade verbunden werden, der sowohl durch die drei Felgenlagen, als auch durch die beiden, aneinander liegenden Arme geht. Es wird dadurch ein bedeutender Grad von Festigkeit erlangt. Kleine Räder und Drehlinge macht man ohne Arme, sondern befestigt sie unmittelbar auf der Welle. Man macht die mittlere Lage aus vier Bohlenstücken, die durch Ueber-

Digitized by Google

platten und durch Nägel mit einander verbunden werden, und zu beiden Seiten liegen bei den Rädern Felgenlagen auf, die wie gewöhnlich aus Kreisſegmenten beſtehen, die über die Fugen der mittlern Lage greifen und ebenfalls durch hölzerne Nägel mit denſelben verbunden ſind. Dieſe mittlere Lage hat eine quadratiſche, über die Welle greifende Oeffnung. Die Scheiben der Drehlinge werden mit einem eiſernen Bande umgeben, um das Reißen derſelben zu verhindern, welches um ſo leichter der Fall iſt, da die Löcher zur Aufnahme der Triebſtöcke in der Nähe der äußern Peripherie eingebohrt oder eingemeißelt werden. Kleine Triebſtöcke oder Getriebe werden aus einem Klotz gemacht und die Zähne werden auf ähnliche Weiſe, wie die Speichen in die Nabe eines Wagenrades, darin eingeſetzt.

Die Zähne der eiſernen Räder werden entweder ſogleich an die Kränze gegoſſen, oder es ſind zur Aufnahme hölzerner Zähne Zapfenlöcher in denſelben vorhanden, je nach der Anwendung der Räder. Zwei Zahnräder bewegen ſich leichter und mit weniger Reibung und Geräuſch mit einander, wenn das eine hölzerne und das andere eiſerne Zähne hat. In dieſem Fall ſind die hölzernen Zähne etwas ſtärker als der Raum zwiſchen zweien derſelben, ungefähr um $^1/_{10}$ mehr als die Stärke der Zähne, während bei dem eiſernen Rade die Zwiſchenräume in demſelben Verhältniß weiter und die Zähne ſchwächer ſind. Gewöhnlich iſt das eiſerne Rad das kleinere, das hölzerne das größere. Weißbuchenes iſt das beſte Holz zu den Zähnen, oder Kammen, oder Triebſtöcken, da es bei längerem Gebrauch nicht ſplittert und eine ſehr glatte Oberfläche annimmt. Die Zähne werden durch eiſerne Stifte, welche dicht an dem innern Umfange des Radkranzes in ihre Stiele eingeſchlagen werden, an ihrem Platz erhalten. Da die Oeffnungen für die Zähne ſelten ſo genau zu treffen ſind, ſo werden dieſe unbearbeitet eingeſetzt, auf denſelben der Theilriß beſtimmt, die Theilung aufgetragen, die Zähne nach gehöriger Bezeichnung oder Numerirung wieder herausgenommen, nach den betreffenden Schablonen ausgearbeitet und dann erſt wieder eingeſetzt. Eiſerne Zähne werden gewöhnlich erſt ciſelirt, gehämmert und glatt gefeilt. Einige Maſchinenbauer wenden die gußeiſernen Zahnräder ohne weitere Bearbeitung der Zähne an, indem ſie die äußere harte Gußrinde, welche durch die Bearbeitung weggenommen wird, für ſehr zweckmäßig für den guten Gang und die Dauer der Räder halten. Es mag dieß richtig ſein und der Einwurf würde ſeine volle Kraft haben, wenn es möglich wäre, die Zähne vollkommen rund und glatt und ſämmtlich gleich groß zu gießen; allein da dieß bei dem jetzigen, obwohl vollkommenſten Stande der Eiſengießerei nicht gelingen kann, ſo iſt es beſſer, die Zähne zu ciſeliren und abzufeilen. Eine genaue Form der Zähne iſt weit eher zu berückſichtigen als die Qualität ihrer Subſtanz.

Wenn eiſerne Räder nicht größer, als acht oder zehn Fuß ſind, ſo müſſen ſie in einem Stück gegoſſen werden; allein ſind ſie größer, ſo zerſpringen ſie zu leicht beim Abkühlen, indem eine ungleiche Zuſammenziehung zwiſchen den ſchwächern Armen und den ſtärkern Kränzen ſtattfindet. Jene werden daher eher kalt und trennen ſich folglich durch ihre größere Zuſammenziehung von dem Kranz, oder ſie bringen denſelben aus ſeiner genauen Form und ertheilen den Armen eine ſtete Tendenz, bei dem geringſten Stoß

oder bei einer geringen Erſchütterung zu zerbrechen. Aus dieſem Grunde werden die Arme der größern Räder beſonders gegoſſen und mit dem Kranz, durch die, an dieſem befindlichen Laſchen a, Fig. 9, und durch Schraubenbolzen verbunden. Figur 9 iſt die Darſtellung zweier Hälften eines Rades, von dem die eine im Ganzen, die andere in zwei Stücken, d. h. Kranz und Arme beſonders, gegoſſen worden iſt.

Sind die Räder noch größer, haben ſie zwölf oder vierzehn Fuß im Durchmeſſer, ſo müſſen ſie in noch mehren Stücken gegoſſen werden, weil ſie ſonſt ſo unbehülflich werden, daß es nicht allein ſchwer iſt, ſie zu gießen, ſondern auch, wegen ihrer Schwere und Größe unbequem, ſie zuſammen zu ſetzen. Die Art und Weiſe, die einzelnen Theile der größern Räder, d. h. von 14 bis 20 und 24 Fuß Durchmeſſer, zu verbinden, iſt eine ſehr ſchwierige Sache und die Maſchinenbauer ſind darüber durchaus nicht einig. Die als am zweckmäßigſten erachtete iſt in Fig. 10 dargeſtellt, wobei das Rad in 5 Stücken gegoſſen iſt, nämlich die Arme in zweien und der Kranz in dreien. Ein hölzernes Modell dient zum Einformen der drei Theile des Kranzes und eins für die beiden Theile der Arme. Die Theile der Arme ſind an der Nabe mittelſt zweier angegoſſener, vorſpringender Laſchen aa zuſammengeſchroben, und zuweilen iſt um die Nabe oder den Wellkranz auch noch ein ſchmiedeeiſernes Band, bb, gelegt, welches von einem vertieften Ringe aufgenommen wird. Mit dem Kranz werden die Arme auf dieſelbe Weiſe verbunden, wie weiter oben bemerkt worden iſt. Die Theile des Kranzes werden mittelſt Laſchen, welche rechtwinklig auf der Peripherie ſtehen und daran gegoſſen ſind, und durch Bolzen und Schrauben mit einander verbunden, wie man bei c ſieht. An einem von den Laſchen einer jeden Verbindung iſt ein vorſpringendes Stück vorhanden (von den engliſchen Mühlenbauern Chipping pieces genannt), wodurch das genaue Aneinanderpaſſen der verſchiedenen Theile bewirkt wird, welches ſonſt viel Mühe und Arbeit koſten würde. Fig. 11 ſtellt eine andere Art, die Theile des Rades mit einander zu verbinden, dar, welche aber nur bei Rädern von ſehr bedeutender Größe angewendet wird. Der Wellkranz iſt dabei aus einem einzigen Stück gegoſſen und endigt in Laſchen, mit denen die ebenfalls mit Laſchen verſehenen Arme mittelſt Bolzen und Schrauben verbunden werden. Die Arme werden in drei oder vier verſchiedenen Stücken gegoſſen; jedes Stück beſteht aus einem Arm AA und aus der Hälfte der beiden Arme BB, CC, und iſt mit dem Wellkranz und mit den benachbarten Armſtücken mittelſt Laſchen und mit Schrauben und Muttern verbunden, wie DDD und aa zeigen. Die Verbindung der Armſtücke mit den Kranzſtücken und die der letztern untereinander, iſt den bereits oben beſchriebenen gleich. Um das Gewicht eines ſo großen Rades zu vermindern, pflegt man auch wohl die Arme von Holz und nur den Wellkranz und den Zahnkranz von Gußeiſen zu machen.

Hin und wieder iſt es erforderlich, ein Zahnrad an einer Welle anzubringen, die ſchon in ihrer Lage befindlich iſt und nicht füglich aus derſelben entfernt werden kann. Die Räder müſſen alsdann, mag ihr Durchmeſſer auch noch ſo gering ſein, in zwei Hälften gegoſſen werden, wozu nur ein Modell nöthig iſt. Beide Hälften können

Digitized by Google

entweder auf die in Fig. 10 dargestellte Weise an dem Well- und an dem Radkranz, oder längs der Arme, wie in Fig. 11, miteinander verbunden werden.

Die Art und Weise, wie die Räder auf den Wellen befestigt werden (Hanging wheels), ist eine Operation, von deren Genauigkeit der gute Gang der Maschine größtentheils abhängt. Gewöhnlich geschieht das Hängen der Räder auf den Wellen, ehe die Zähne eingesetzt worden sind, oder wenn dieß nicht thunlich ist, so werden sie zu dem Ende einstweilen auf einer Welle befestigt, die sich um Zapfen bewegt. Dieß ist besonders bei hölzernen Rädern der Fall. Es wird bei denselben zuvörderst untersucht, ob der Umkreis richtig concentrisch sei; ist dieß nicht der Fall, so wird die richtige Kreislinie auf dem Kranz bemerkt und dieser wird alsdann darnach bearbeitet. Darauf wird die Peripherie getheilt und es werden die Zapfenlöcher zur Aufnahme der Stiele von den Kämmen eingearbeitet. Die Kämme werden größer als sie sein sollen, so daß, nachdem ihre wahre Figur darauf bezeichnet worden, sie wieder herausgenommen und ausgearbeitet werden können, ohne daß ihre richtige Stellung von der Genauigkeit des Zapfenloches abhängt, welches sie aufnimmt. Eiserne Räder werden, wie schon bemerkt, auf eine andere Weise behandelt. Sie werden in einer, nach einem genauen hölzernen Modell angefertigten Form abgegossen. Die Zähne sind entweder an dem Kranze angegossen, oder es sind in demselben Löcher zur Aufnahme der Stiele hölzerner Kämme vorhanden. Der Kranz bildet stets einen richtigen Kreis und muß daher genau concentrisch auf der Welle befestigt werden, statt daß bei hölzernen Rädern die genaue Kreislinie erst wenn das Rad selbst auf der Welle sitzt, gemacht wird. Um die genaue Centrirung der eisernen Räder auf der Welle bewirken zu können, wird die Oeffnung in dem Wellkranze etwas weiter gemacht, als die Welle, auf welcher das Rad befestigt werden soll, stark ist, und die Befestigung selbst wird mit Keilen bewirkt, indem man auf diese Weise im Stande ist, den Mittelpunkt des Rades genau in den der Welle, und jenes selbst in eine genau senkrecht auf der letztern stehende Richtung zu bringen. Die Art und Weise, wie die Keile angebracht werden, geht aus den Figuren 9 und 10 hervor, in denen man acht Keile rings um die Welle sieht. Man wird leicht einsehen, daß mittelst derselben das Rad sehr genau befestigt werden kann, denn die Ungenauigkeit der Centrirung zeigt sich sogleich, wenn man das Rad umlaufen läßt, und die Keile auf der einen Seite müssen daher stärker angetrieben, die auf der entgegengesetzten dagegen losgezogen werden; und hiermit fährt man so lange fort, bis daß alle Punkte der Peripherie gleichweit von dem Mittelpunkt entfernt sind. Um nun die richtige Befestigung der Räder auf der Welle um so leichter und sicherer zu erreichen, besteht jeder Keil aus zwei Hälften, die von den entgegengesetzten Seiten über einander geschoben werden können. Eben so leicht zeigt sich jede Abweichung von der senkrechten Stellung des Rades auf der Welle, wenn man beide mit einander umdreht.

Dieß ist die gewöhnliche Methode des Radhängens, und bei größern Rädern ist sie die einzige anwendbare. Kleinere und leichtere Räder können aber weit besser noch auf der Drehbank centrirt und justirt werden. Auf der einen Seite

wird das Rad genau concentrisch in der Patrone befestigt, auf der andern wird ein kleines konisches Loch in den Mittelpunkt der Welle gebohrt, in welches die Spitze oder der Reitnagel tritt. Der Kranz wird nun genau abgedreht, dann der Theilriß bemerkt, und die Theilung und das Ausschneiden der Zähne geschieht dann auch durch Maschinen, auf welche wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes wieder zurückkommen.

Von der Construction der Schwungräder.

Da der Vortheil der Schwungräder in der bewegenden Kraft besteht, die an ihrer Peripherie hervorgebracht worden ist, so wird die größtmögliche Masse des Metalls, gewöhnlich Gußeisen, in den Kranz und in die Arme gebracht. Letztere bestehen zuweilen aus Holz, häufig aus Gußeisen, selten aus geschmiedetem Eisen. Holz ist bei gleichen Gewichtsmengen stärker als Eisen, allein die Zusammenfügungen lassen sich mit dem letzern besser als mit jenem bewerkstelligen, so daß die Arme gewöhnlich aus demselben Material bestehen, wie der Kranz, welcher, wie schon bemerkt, größtentheils aus Gußeisen besteht. Nur bei sehr großer Geschwindigkeit kann Schmiedeeisen empfohlen werden; wir wissen aber nicht genau, ob es überall in Anwendung gekommen ist. Tredgold sagt, daß acht Fuß in der Secunde eine gute Geschwindigkeit sei, wenn Kranz und Arme beide aus Gußeisen bestehen; daß bei einer Geschwindigkeit über zwölf Fuß die Arme aus Staheisen bestehen müßten, und daß 33 Fuß überall die größte zu gestattende Geschwindigkeit für ein Schwungrad sei.

Die Construction der Schwungräder ist der der großen Zahnräder sehr ähnlich, und bestehen gewöhnlich aus einer gewissen Anzahl von Stücken, die durch Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. So wie nun bei den letztern eine genaue Zusammenfügung der zu erlangende Gegenstand ist, so ist bei dem Schwungrade eine starke Verbindung der einzelnen Theile die Hauptsache, damit sie dem Bestreben, durch die große Geschwindigkeit zerbrochen zu werden, zu widerstehen im Stande sind. Tafel III., Figur 15 ist die Darstellung einer sehr gewöhnlichen Art der Construction der Schwungräder; der Durchschnitt des Kranzes ist rechteckig, und derselbe ist in einer größern oder geringern Anzahl von Stücken gegossen, je nachdem der Durchmesser größer oder kleiner ist. Die verschiedenen Segmente des Kranzes sind mittelst Laschen an jedem Ende derselben, wie a der Seitenansicht zeigt, zusammen geschroben. Die Arme bestehen zuweilen aus zwei Theilen, welche im Wellringe zusammengeschroben sind, oder der Wellring ist besonders gegossen und die Arme werden daran geschroben (Fig. 15), wie bereits bei den großen Zahnrädern beschrieben worden ist. Bei der erstern Einrichtung des Wellringes der Schwungräder ist derselbe, um ein Zerreißen durch die Centrifugalkraft möglichst zu vermeiden, mit einem Ringe von Stabeisen umgeben, wie aus Figur 16, Tafel III, ersichtlich ist. Der Ring wird warm umgelegt und liegt in einer Vertiefung des Wellkranzes; durch seine Zusammenziehung beim Abkühlen vereinigt er die beiden Hälften desselben sehr stark. Die Art und Weise der Verbindung der Arme mit den Kranzstücken ist ebenfalls der, bei den großen Zahnrädern angewendeten sehr ähnlich. An dem Kranz sind Vertiefungen vorhanden, in welche Laschen,

Digitized by Google

die an die Arme gegossen werden, passen, und Schraubenbolzen mit Muttern oder Niete vollenden die Verbindung. Letztere sind bei den Schwungrädern gewöhnlicher und zweckmäßiger, um den Widerstand der Luft zu vermindern, der bei der Geschwindigkeit, mit der sie sich gewöhnlich bewegen, sehr beträchtlich ist. Die Stücke b b sind auf den Kranz gegossen, um denselben zu verstärken, da er durch die Vertiefungen zur Aufnahme der Arme an Metall verloren hat.

Zuweilen werden Schwungräder durch ein, rings um ihre Peripherie gehendes Band in Bewegung gesetzt, oder sie dienen auf diese Weise selbst zur Fortpflanzung der Bewegung, und dann haben sie die in Fig. 16 dargestellte Form. Die Arme werden mit dem Kranz in zwei Stücken gegossen, dessen Durchschnitt in der Nebenfigur zu sehen ist. Die Vereinigung der beiden Hälften des Rades geschieht auf die, schon oben beschriebene Weise mittelst Laschen, Schrauben und eines eisernen Bandes. Die Stücke d d, welche die Vertiefung bilden, in welcher der Riemen läuft, sind auf beiden Seiten an den Kranz genietet, der dort eine geringere Stärke, e, e, hat, so daß der Kranz äußerlich eine glatte Oberfläche hat, und zwar sind die äußern Kranzstücke so aufgeschroben, daß sie über die Stöße oder Fugen der mittlern greifen und eine sehr feste Verbindung der verschiedenen Theile des Kranzes bilden.

Zuweilen haben Arme und Kranz der Schwungräder ovale Querschnitte, um ein möglichst großes Gewicht und eine möglichst geringe Oberfläche zu erlangen und daher den Widerstand der Luft zu vermindern; indem derselbe und die Friction stets von der bewegenden Kraft der Maschine abgezogen werden müssen.

Wir bemerkten schon weiter oben, daß zuweilen hölzerne Arme bei der Construction der Räder angewendet werden, die dem Rade mehr Stärke geben, als gußeiserne von gleichem Gewicht, indem dadurch der Schwerpunkt weiter von der Welle des Rades entfernt wird. Die Stücke, aus denen der Radkranz besteht, sind alsdann durch Schwalbenschwänze mit einander verbunden, die alle nach einer Richtung gehen, welche die entgegengesetzte von der ist, nach welcher die Centrifugalkraft wirkt. Die Arme treten in Dillen an dem Kranz und am Wellringe und werden in denselben durch Keile befestigt. Jedoch wird von dieser Methode nur selten Gebrauch gemacht, da sie nicht so sicher als die ist, bei welcher die Arme mit dem Kranz durch Bolzen verbunden werden.

Stärke der Räder. — Das an der Peripherie des Rades wirkende Gewicht ist die ausdehnende oder ziehende Kraft, die Länge des Arms der Hebel und der von jedem Arm getragene Theil ein Bruch des Ganzen, gleich der Anzahl der Arme. Wenn daher w das in Pfunden ausgedrückte Gewicht, r der Radius des Rades in Fußen, b die Stärke, d die Breite des Arms in Zollen, unter der Voraussetzung, daß sie überall gleich sei, und n die Anzahl der Arme; wenn wir ferner durch a die Größe der zulässigen Abweichung bezeichnen, so haben wir nach Tredgold („Ueber die Stärke des Gußeisens und anderer Metalle," Leipzig 1826.)

$$\frac{w\ r^3}{2656\ n\ a} = b\ d^3.$$

Wenn daher die Breite oder die Stärke gegeben ist, so kann man die andern Dimensionen, oder das Product $b\,d^3$ finden und jede Dimension bestimmen. Wir wollen z. B. annehmen, daß das Rad einen Halbmesser von 6 Fuß und 8 Arme habe, daß das auf seine Peripherie wirkende Gewicht 1600 Pfund, und die zulässige Abweichung $^1/_{10}$ Zoll betrage, so haben wir

$$b\,d^3 = \frac{1600 \times 6^3}{2656 \times 8 \times 0{,}1} = 163.$$

Machen wir daher die Stärke $= 2\,^1/_2$ Zoll, so ist

$$d = \sqrt[3]{\frac{163}{2{,}5}} = 4{,}03 \text{ Zoll die Breite.}$$

Häufig macht man aber die Arme an dem Kranz schmäler, als am Wellring, wo der Druck am stärksten ist. Ist dieß der Fall, so nimmt man 1640 als Zähler an und das Resultat wird die Stärke und die Kubikzahl der Breite an der Welle sein. Wird ein Rad belastet, bis daß die Arme zerbrechen, so findet der Bruch in der Nähe der Welle statt. Es ist daher zweckmäßig, die Arme dort zu verstärken und dagegen an dem Kranz zu schwächen.

Von den Wellen.

Diese bestehen entweder aus Holz oder aus Eisen, obwohl man jetzt diesem letztern Material, d. h. entweder dem Guß- oder dem Schmiedeeisen, im Allgemeinen den Vorzug giebt, besonders bei allen vollkommneren Maschinenanlagen. Große hölzerne Wellen fertigt man entweder aus einem starken Eichbaum oder aus einer starken Fichte oder Kiefer an, und in ihre beiden Enden werden gußeiserne Zapfen eingelassen, so wie wir es weiter unten näher beschreiben werden. Hier wollen wir nur von den aus Guß- und Schmiedeeisen bestehenden Wellen reden. Die größern Arten derselben bestehen gewöhnlich aus Gußeisen und ihre Formen sind quadratisch, massiv, cylindrisch oder röhrenförmig. Schmiedeeiserne Wellen und Spindeln werden dagegen ganz allgemein bei den kleinern Maschinen angewendet, indem sie durch die Stöße, denen jede Maschinerie durch zufällige Umstände unterworfen ist, minder leicht zerbrechen, als dünne gußeiserne Stäbe. Vielleicht würden auch große Wellen aus demselben Grunde häufiger von Schmiedeeisen genommen werden, als es der Fall ist, wenn es nicht, wie wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes sehen werden, mit so großen Schwierigkeiten verbunden wäre, sie zu schmieden, weshalb sie auch sehr theuer sind. Uebrigens mögen Material und Form der Wellen sein, welche sie wollen, so müssen die Hälse (journals), mittelst deren sie sich in den Zapfenlagern bewegen, stets cylindrisch und auf der Drehbank genau abgedreht sein, so daß, wenn wir von der Stärke der mit Hälsen versehenen Wellen reden, es diese letztern allein sind, welche berücksichtigt werden müssen. Im Allgemeinen sind die Hälse weniger stark als die Wellen. In andern Fällen müssen wir jedoch die Stärke der Welle selbst berechnen.

Die Stärke der Wellen ist für den Maschinenbauer ein Gegenstand von höchster Wichtigkeit, bei welchem aber praktische Erfahrung ein besserer Führer, als theoretische Berechnung ist. Uebrigens haben sich wissenschaftlich gebil-

Digitized by Google

dete Mechaniker damit beschäftigt, und Hr. Tredgold besonders hat einige sehr werthvolle Folgerungen gemacht, und wenn seine Resultate von den in der Praxis erlangten abweichen, so ist dieß nur in Beziehung auf die Sicherheit der Fall.

Bei Wellen sind mehre Umstände zu berücksichtigen. Sie haben zuweilen, wie z. B., wenn Wasserräder daran befestigt sind, außer der gewöhnlichen Belastung von der Kraft und dem Widerstande, ein großes Gewicht zu tragen, wodurch eine Neigung zur Biegung entsteht, der zuerst entgegengewirkt werden muß und die auf 12 Fuß Länge $^1/_{120}$ Zoll nicht übersteigen darf. Wenn es nun die Dimensionen erforderlich machen, diese Quersteifheit stärker zu machen, als für die auf die Peripherie wirkende drehende Kraft nöthig ist, so braucht diese überall nicht berücksichtigt zu werden. In andern Fällen aber, wie bei stehenden Wellen, findet wenig oder gar keine Belastung nach der Quere statt, und die Drehung allein braucht berücksichtigt zu werden. Bei langen Wellen dagegen, die einen Hals haben, auf welche die Kraft an dem einen Ende einwirkt und der Widerstand an dem andern, ist es nicht hinlänglich, die Stärke zur Begegnung der Brüche zu geben, sondern wir müssen auch hinreichende Dimensionen anwenden, um jede Drehung über eine bestimmte Größe hinaus, zu hindern; und in dem letztern Falle ist es nicht die gewöhnlich quadratische Welle, welche berücksichtigt werden muß, sondern vielmehr der nothwendig cylindrische und der Abnutzung unterworfene Hals.

Wir betrachten daher hier auch nur die Kraft, welche das Bestreben hat, die Welle durch Drehung zu zerstören, und beschränken unsere Untersuchungen nur auf die drei folgenden Formen der Querschnitte der Wellen, auf die quadratische, auf die massiv und auf die hohl cylindrische, und auf die beiden Materialien, Guß- und Stabeisen.

Hr. Tredgold hat am a. O. gezeigt, daß wenn r der Halbmesser des Rades in Fußen an der Peripherie, auf welcher die Kraft einwirkt, s die Seite eines Quadrats, oder d der Durchmesser einer Welle in Zollen, f die Metallstärke eines hohlen Cylinders und w das Gewicht in Pfunden bezeichnet, man folgende Gleichungen erhält:

Bei gußeisernen Wellen.

Quadratisch . . . . $rw = 150\ s^3$
Massiv cylindrisch . . $rw = 125\ d^3$
Hohl cylindrisch . . . $rw = 125\ d^3\ (1-p^4)$.

Bei stabeisernen Wellen.

Quadratisch . . . . $rw = 168\ s^3$
Massiv cylindrisch . . $rw = 140\ d^3$
Hohl cylindrisch . . . $rw = 140\ d^3\ (1-p^4)$.

Wobei $p = \frac{d - 2f}{d}$.

Da aber in der Praxis die Frage im Allgemeinen die Seite eines Quadrats oder den Durchmesser betrifft, so sind die Gleichungen am besten in die folgenden Formen zu bringen:

Gußeisen.

Quadratisch . . . . $s = \sqrt[3]{\frac{rw}{150}}$,

Massiv cylindrisch . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{125}}$,

Hohl cylindrisch . . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{125\ (1-p^4)}}$.

Stabeisen.

Quadratisch . . . . $s = \sqrt[3]{\frac{rw}{168}}$,

Massiv cylindrisch . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{140}}$,

Hohl cylindrisch . . . $d = \sqrt[3]{\frac{rw}{140\ (1-p^4)}}$.

Jedoch können diese Gleichungen nur auf sehr kurze Wellen angewendet werden, bei denen der Drehungswinkel gering ist und unberücksichtigt gelassen werden kann.

Wenn dagegen die Länge der Wellen mehr als ein Viertel von dem Radius des Rades bis zu der Peripherie, auf welche die Kraft einwirkt, beträgt, so muß die Drehung berücksichtigt werden; und Hr. Tredgold hat gezeigt, daß in solch einem Falle, bei einer cylindrischen Form, der einzig zu berücksichtigenden, wir folgende Formel haben:

$$d = l^2 \left\{ \left(\frac{rw}{5{,}2\ l^3} + 5184 \right)^{\frac{1}{2}} - 72 \right\}$$

Oder, in Worten ausgedrückt, man multiplicire das Gewicht in Pfunden mit dem Halbmesser des Rades in Fußen, und dividire das Product mit dem 5,2 fachen Kubus der Länge in Fußen. Dem letztern Quotienten addire man die Zahl 5184 hinzu und von der Quadratwurzel der Summe ziehe man 72 ab.

Man nehme z. B. an, es sei erforderlich, den Durchmesser einer Wasserradwelle zu finden, deren Länge von dem Wasserrade bis zu dem Zahnrade 6 Fuß, so wie der Halbmesser des Wasserrades 9 Fuß und die größte Belastung 2000 Pfund beträgt.

Hier daher $\frac{9 \times 2000}{5{,}2 \times 6^3} = 16$ annähernd.

$\sqrt{16 + 5184} = 72{,}12$
subtrahirt $= 72{,}00$
bleiben 0,12.

Daher $0{,}12 \times 6^2 = 4{,}32$ Zoll Durchmesser.

Im Allgemeinen bestimmen aber die englischen Maschinenbauer den Widerstand, oder vielmehr das Maaß ihrer Wellen oder der Hälse und Zapfen derselben, durch die Anzahl der Pferdekräfte und die Geschwindigkeit der Schwungräder, d. h. der Widerstand verhält sich direct wie die Pferdekräfte und umgekehrt wie die Umdrehungen; denn

Digitized by Google

mit einer gegebenen Kraft wird die Geschwindigkeit um so größer sein, je geringer der Widerstand ist. Nach diesen Maaßen theilt Buchanan einige Tabellen und Formeln mit, die von schon vorhandenen und nach anerkannt guten Verhältnissen construirten Wellen entnommen worden sind. Er theilt dieselben in drei Klassen, zu deren ersten er die Schwungradwellen der Dampfmaschinen; zu deren zweiten aber solche rechnet, die in unmittelbarer Verbindung mit Wasserrädern und andern schweren Maschinentheilen stehen, und deren dritte Klasse die übrigen, für innere Maschinentheile, umfaßt. Die Formeln zum Auffinden der Durchmesser, sind die folgenden:

1. Klasse . . . . $d = \sqrt[3]{(\frac{h}{n} \times 420)}$,

2. Klasse . . . . $d = \sqrt[3]{(\frac{h}{n} \times 200)}$,

3. Klasse . . . . $d = \sqrt[3]{(\frac{h}{n} \times 100)}$,

wobei d der Durchmesser in Zollen, h die Anzahl der Pferdekräfte und n die Anzahl der Umdrehungen in einer Minute bezeichnet.

Wir haben schon bemerkt, daß, wenn mehr als eine Kraft auf ein Werk wirkt, es nothwendig und hinreichend ist, uns gegen die stärkere von den beiden zu sichern. Folgende Bemerkungen Tredgold's in seiner Ausgabe von Buchanan „practical essays on millwork" (deutsch von Jacobi unter dem Titel „Beiträge zur Mühlen- und Maschinen-Baukunst", Berlin 1825) sind von Wichtigkeit.

Alle Wellen sind einer von der Seite wirkenden Kraft und Drehung unterworfen; allein gewöhnlich ist es der Fall, daß eine von diesen Kräften die andern weit übertreffen wird, weshalb die Welle blos nach dem Widerstande der größern Kraft eingerichtet werden muß. Jedoch müssen wir zuvörderst in den Stand gesetzt sein, zu bestimmen, ob die eine oder die andere zu berechnen sei.

Der Widerstand einer Welle gegen eine von der Seite wirkende Kraft muß offenbar durch ihre Steifheit bei der Biegung gemessen werden, weil sie sonst in ihren Zapfenlagern, in den Kuppelungen ꝛc., zu viel Spielraum haben und einen unregelmäßigen Gang der Maschine veranlassen würde. Aus einer Vergleichung schon im Gebrauch stehender Wellen scheint gefolgert werden zu können, daß für jeden Fuß Länge der hundertste Theil eines Zolles diejenige Biegung ist, welche gestattet werden kann, ohne daß die Regelmäßigkeit der Bewegung merklich angegriffen wird. Wenn bei einer gußeisernen, massiv cylindrischen Welle, w die Belastung in Pfunden, auf der Mitte der Länge derselben, l die Länge in Fußen und d den Durchmesser in Zollen bezeichnet, die Biegung in der Mitte $\frac{1}{m}$ Zoll ist, so ist $\frac{w\,l^2}{250} = d^4$ oder $w = \frac{250\,d^4}{l^2}$.

(Siehe Barlow's Essay on the strength of timber, cast-iron etc. New edit. London, 1836, Art. 218.)

Wenn nun $\frac{740\,h}{v}$ die drehende Kraft an der Oberfläche der Welle, v deren Umdrehungsgeschwindigkeit in Fußen, in der Secunde, und h die größte Anzahl der Pferdekräfte, welche zur Bewegung der Maschinerie, zu der die Welle gehört, erforderlich sind, so haben wir

$$124{,}8\ d^2 = \frac{740\,h}{60};$$

allein die Geschwindigkeit an der Oberfläche der Welle ist gleich ihrer Peripherie in Fußen, multiplicirt mit der Anzahl der Umdrehungen in Secunden. Ist diese Anzahl der Umdrehungen n, so ist $v = \frac{11\,nd}{42}$; und die Gleichung zwischen der Kraft und der Verdrehung wird auf $d^3 = \frac{3{,}78\,h}{n}$ reducirt. Es scheint daher, daß, wenn $\left(\frac{3{,}78\,h}{n}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{w\,l^2}{250}\right)^{\frac{1}{4}}$, die drehende Gewalt gleich dem Seitendruck sein wird; daher wenn $\frac{1472}{l^2} \times \left(\frac{h}{n}\right)^{\frac{1}{3}}$ geringer als w, so muß der Durchmesser der Welle durch die Formel für den Seitendruck, und wenn es größer als w ist, so muß man den Durchmesser mittelst der Formel für die Drehung berechnen. Für diejenigen, welche im Calcül nicht sehr bewandert sind, müssen wir bemerken, daß in gewöhnlichen Fällen, wenn die Kraft in Pfunden, multiplicirt mit dem Quadrat der Länge in Fußen, weniger als 3000 ist, die drehende Gewalt größer sein wird, und im Gegentheil.

Bei einer Reihe von liegenden Wellen ist es nothwendig, die Hälse gleich der Verdrehung (twisting) zu machen, mit Hinzufügung der nöthigen Verstärkung für die Abnutzung, und es wird daher oft nöthig sein, die Welle nach beiderlei einwirkenden Kräften einzurichten. In allen Fällen aber, bei denen die Seitenwirkung geringer als $\frac{1472}{l^2} \times \left(\frac{h}{n}\right)^{\frac{1}{3}}$ ist, brauchen die Massen der Wellen nicht stärker als die Hälse zu sein.

Von den Kuppelungen.

Wenn die Bewegung bei einer Maschine weit fortgepflanzt werden soll, wie z. B. in einer Spinnerei oder Weberei, so kann man sich nicht leicht eines einzigen Wellbaumes bedienen, sondern es ist nöthig, zwei oder mehre miteinander zu verbinden. Diese Verbindungen werden Kuppelungen (Couplings engl.) genannt, und wir haben die vorzüglichsten derselben auf Tafel II zusammengestellt. Könnte man Maschinen mit mathematischer Genauigkeit construiren und wären ihre Unterstützungspunkte nicht Schwankungen, ihre Theile nicht Abnutzungen unterworfen, so würde die Fortpflanzung der Bewegung eine sehr einfache Sache sein. In der Praxis gehen aber aus den genannten Ursachen manche Schwierigkeiten hervor und es sind daher eine große Menge verschiedener Methoden vorgeschlagen worden.

Die einfachste derselben besteht darin, die Enden der miteinander zu verbindenden oder zu kuppelnden Wellen quadratisch zu machen und die sogenannte Quadratkuppelung (square coupling) anzuwenden, welche in einer Muffe von Gußeisen besteht, deren innere Dimensionen genau dieselben, wie die äußern der Enden beider Wellen sind, so daß wenn die eine Welle in Bewegung gesetzt

Digitized by Google

worden ist, die Muffe beide auf solche Weise verbindet, daß sie sich zusammen umdrehen müssen. Sollen dagegen beide Wellen außer Verbindung treten, so daß sich die eine der Wellen nicht mit der andern bewegt, so wird die Muffe gänzlich auf die eine geschoben.

Wenn die Zapfen der Wellen ganz genau in eine gerade Linie gebracht und ihre quadratischen Enden vollkommen genau in die Muffe passend gemacht werden könnten, so würde die Bewegung offenbar sehr sanft und gleichmäßig sein müssen. Bei großen Maschinen ist dieß aber unmöglich und wäre es wirklich der Fall, so würde die Vollkommenheit wegen Abnutzung der verschiedenen Theile und wegen der unvermeidlichen Schwankungen, doch nicht lange dauern. Durch die letztern werden die Wellen in ihren Lagern gehoben und es entsteht eine unregelmäßige Bewegung, mit bedeutender Reibung und Abnutzung der Kuppelungen, durch welche diese letztern ebenfalls leiden.

Aus diesen Gründen wird die Quadratkuppelung jetzt nur noch wenig angewendet und nur noch bei kleinern Maschinen, bei denen sie mit größerer Genauigkeit ausgeführt werden kann und nicht denselben Nachtheilen, als bei größern Werken, unterworfen ist. Selbst aber auch bei kleinen Maschinen hat man die Quadratkuppelung durch die runde Kuppelung (round coupling) ersetzt. Sie besteht wie die quadratische aus einer Muffe, welche aber rund ausgebohrt und auf die cylindrisch abgedrehten Enden der Wellen aufgeschoben, daselbst aber durch zwei, unter rechtem Winkel gegen einander eingesetzte Schraubenbolzen, deren jeder durch eine Welle geht, in ihrer Lage festgehalten wird. Diese Kuppelung ist leichter auszuführen als die quadratische; allein da die ganze Spannung oder der Druck von dem verhältnißmäßig schwachen Bolzen ausgehalten werden muß, so nutzen sich in kurzer Zeit sowohl die Bolzen als die Löcher ab, und es geht die ursprünglich vorhandene Genauigkeit verloren. Aus dieser Ursache hat man die Anwendung dieser Kuppelung auch sehr beschränkt.

Es muß noch bemerkt werden, daß die Kuppelungen im Allgemeinen weit zweckmäßiger angewendet werden, wenn jede Welle zwei Lager (bearings) hat; allein zuweilen ist eine von den Wellen nur mit einem versehen, und in diesem Fall werden die beschriebenen Muffen gewöhnlich angewendet, in andern dagegen werden Gelenke mit Laschen genommen und die Theile durch Schraubenbolzen mit einander verbunden. Außerdem sind noch verschiedene andere Mittel im Gebrauch, die wir jedoch zweckmäßiger bei der Beschreibung der verschiedenen Maschinen, bei denen sie angewendet werden, kennen lernen werden.

Wenn eine Welle zwei Lager hat, so ist eine sehr gewöhnliche Art der Kuppelung die in Fig. 1, Taf. II, dargestellte. Hier endigen die Wellen in kreisrunden Scheiben, von denen die eine Zähne, die andere correspondirende Vertiefungen zu ihrer Aufnahme hat, so daß die eine der andern Bewegung mittheilt. Wenn irgend eine geringe Senkung des Gebäudes oder irgend eine andere Ursache eins von den Lagern niederdrückt, oder das andere hebt, so daß die beiden Wellen aus der vollkommenen geraden Linie kommen, welche sie immer behalten müßten, so gestattet diese Verbindung doch die geringe Biegung und theilt die Bewegung der einen Welle der andern sofort mit.

Eine andere Art der Kuppelung ist in Fig. 2 und 3

dargestellt. Sie wurde zuerst von Hrn. Murray in Leeds angewendet, um eine lange Linie von Wellen, die eine bedeutende Kraft auszuüben haben, mit einander zu verbinden. Sie ist so eingerichtet, daß sie die Bewegung auf die Art und Weise eines Universalgelenks mittheilt, wenn die Wellen aus der Linie kommen. Es seien A und B die beiden zu verbindenden Wellen; C und D ihre Hälse oder Zapfen, mittelst denen sie in den Lagern liegen. Die über diese Hälse hervortretenden Enden sind mit Muffen E und F versehen, die entweder durch ein Quadrat mit Keilen, oder durch einen runden Theil mit einem Bande mit jenen verbunden sind. Eine von diesen Muffen, E, hat ein von dem Innern auf jeder Seite vorspringendes Stück, welches in die andere Muffe eintritt, wie man bei aa, Fig. 3, sieht, welches die Ansicht des Innern ist. Die Muffe F hat zwei ähnliche, von derselben, bei bb, in die andere Muffe vorspringende Stücke. Innerhalb der Muffen ist ein eisernes Kreuz cc, dd, befindlich, welches mittelst Schrauben auf die Enden der Wellarme befestigt ist, und durch diese wird die Bewegung mitgetheilt. Wenn daher die Welle A und die Muffe E umgedreht werden, so wirken die Stücken aa gegen die Schrauben cc des Kreuzes und veranlassen dessen Drehung. Zu gleicher Zeit drücken die andern beiden Schrauben dd an den andern Armen des Kreuzes gegen die Stücken bb, welche zu der Muffe F und der Welle B gehören und setzen dieselben ebenfalls in Bewegung. Das Kreuz ist ganz abgesondert in den Muffen vorhanden und wirkt auf diese Weise als ein Universalgelenk, um die Bewegung der einen Welle auf die andere zu übertragen. Die Schrauben cc, dd, am Ende des Kreuzes werden blos deshalb gebraucht, daß die wirkenden Punkte von Stahl sein können, welches glatt gearbeitet werden kann, damit die Friction nur gering ist.

Eine andere Art der Wellen-Kuppelung von Herrn Murray's Erfindung ist in Fig. 4 dargestellt und gewährt den Vortheil, daß für jede Wellenlänge nur ein Lager erforderlich ist, wogegen die oben beschriebene eins an jedem Ende einer jeden Länge erfordert. A und B stellen die beiden Wellen vor, von denen jede einen Zapfen am Ende hat. Diese Zapfen sind von einem Kuppelungsstück oder von einer Muffe CDE umgeben, welches im Innern ausgebohrt ist, um die Enden der Wellen aufzunehmen, äußerlich aber abgedreht und mit einem Halse DD versehen, der sich in einem Lager bewegt. Die beiden Wellen, AB, sind durch die Muffe D, bei C und E, mittelst der Kreuzschlüssel lm, von denen jede Welle einen hat, verbunden, indem dieselben von Vertiefungen aufgenommen werden, die in der Muffe bei C und E vorhanden sind. Es muß bemerkt werden, daß die Wellen in diese Theile C und E nicht dicht einpassen, welches nur mit den Zapfen a und b der Fall ist. Sie bewegen sich dadurch mit etwas Freiheit und zwar ohne auf das Lager, in welchem sich D bewegt, einen Druck auszuüben, weil nur das kurze Stück der Muffe davon aufgenommen wird und folglich eine geringe Abweichung von der geraden Linie gar keinen nachtheiligen Einfluß ausüben kann.

Figur 5 stellt das sogenannte Universalgelenk (Universal joint) vor, welches der Engländer Dr. Hook erfunden hat, woher es auch Hook'sches Gelenk genannt worden ist. Es kann statt zweier konischer Räder,

Digitized by Google

oder überhaupt dann gebraucht werden, wenn die Wellen, welche mit einander verbunden werden sollen, nicht in einer geraden Linie liegen. Aus Fig. 5 ersieht man, daß die Enden der Wellen a a, a a, eine gabelförmige Gestalt haben, und daß die Enden dieser Gabeln mit Oeffnungen durchbohrt sind, in welchen ein bewegliches, mit vier Zapfen versehenes Stück, G, in der Art eingesetzt wird, daß zwei Zapfen in der Gabel der ersten und die zwei andern Zapfen in der Gabel der andern Welle stecken. Die Zapfenlager der Wellen A und B sind bei C und D angebracht; allein es kann auch eins derselben entbehrt werden, da eine Welle schon von der Kuppelung getragen wird. Dieses Universalgelenk wird in dem angegebenen Falle, wenn eine Winkelbewegung unter 15° fortgepflanzt werden soll, mit vielem Vortheile gebraucht; ist jedoch die Spannung der Welle sehr groß, so muß es sehr stark gemacht werden, um derselben widerstehen zu können, und bei Winkeln über 15° ist es zweckmäßiger, Winkelräder anzuwenden.

Fig. 6 stellt eine Wellen-Kuppelung dar, welche Frictions-Kuppelung (Friction coupling) genannt wird. Bei schweren Maschinen kann es vielleicht nicht so vortheilhaft angewendet werden, dagegen aber unter vielen andern Umständen weit besser, als jede andere Methode. Eine von den Wellen A hat an ihrem Ende eine kreisrunde Scheibe, die in eine lose Muffe am Ende der andern Welle B paßt. b b ist ein lederner Hals in dem erweiterten Ende der Welle B, so daß, wenn die Muttern a a fest angezogen werden, die Muffe D gegen den ledernen Hals drückt und durch ihre Reibung die Welle B in Bewegung setzt. Am Ende der Welle, bei c, ist auch zuweilen noch ein anderer Hals vorhanden. Diese Art der Kuppelung ist bei mehren Maschinen sehr zu empfehlen, hauptsächlich bei Dreh- und Bohrmaschinen, bei denen die Muffe gerade so fest an den Hals angeschroben werden kann, um das abzudrehende oder auszubohrende Stück mit dem gewöhnlichen Widerstande umzudrehen. Wird aber durch irgend einen Zufall, z. B. durch einen schlecht angesetzten Drehstahl oder Bohrmeißel u. dgl. der Widerstand größer, so bleibt die Maschine selbst in der Kuppelung stehen, während sich die bewegenden Theile noch zu drehen fortfahren, indem die Friction in der Muffe überwunden ist. Durch eine solche Einrichtung können oft nachtheilige Verletzungen des unter Arbeit stehenden Werkes und der Arbeiter vermieden werden.

Wir haben uns bis jetzt auf solche Kuppelungsarten beschränkt, welche bleibend wirken, d. h. nicht zu jeder Zeit verändert werden sollen. Nun ist es aber häufig der Fall, daß mehre Maschinen von einer Kraft, z. B. von einer Dampfmaschine, in Bewegung gesetzt werden, und daß es nach Maaßgabe der vorzunehmenden Arbeiten erfordert wird, die eine oder die andere Maschine zu bremsen oder anzuhalten (set of, oder put out of gear), während die andern Maschinen im Gange bleiben. Auf gleiche Weise muß man auch jede Maschine für sich allein in Bewegung setzen oder anlassen können (set on oder put in gear), während die übrigen Maschinen still stehen. Bei andern Maschinenanlagen, z. B. bei den Spinnereien, muß nicht blos eine ganze Maschine, sondern auch ein Theil derselben angehalten oder in Bewegung gesetzt werden können. Die zu diesem Zwecke dienenden Vorrichtungen werden

Ein- und Ausrückungen
(Engagements and disengagements of Machinery)

genannt. Bei den zahlreichen Erfindungen dieser Art hat man es hauptsächlich zu erlangen gesucht, die Bewegung ohne einen Stoß mittheilen zu können. In Folge der Trägheit der Körper nämlich, oder des ihnen eigenthümlichen Bestrebens, in dem Zustand zu verharren, in welchem sie sich befinden, erleiden die Maschinentheile Brüche oder sonstige Zerstörungen, wenn man bei einer Maschine augenblicklich eine Bewegung hervorbringen oder eine solche hemmen will. Die Vorrichtungen dieser Art können in zwei Klassen getheilt werden, nämlich in solche, bei denen die Bewegung durch Seile, Schnüre, Riemen oder Ketten, und in solche, bei denen sie durch Räderwerk mitgetheilt wird. Erstere gewährt im Allgemeinen den Vortheil, die Bewegung mehr nach und nach hervorzubringen, wogegen sie nicht füglich bei schweren Maschinenwerken angewendet werden kann.

Figur 7 stellt die Vorrichtung mit fester und loser Rolle in der Seitenansicht vor. Sie ist von gar keinem Stoß begleitet und ist die vollkommenste dieser Art, da wo sie angewendet werden kann. An der eisernen Welle A A sind zwei Rollen oder Scheiben, B, C, von Holz oder von Eisen angebracht. Die erstere ist auf dem vier- oder achteckigen Theile der Welle, dreht sich daher mit der Welle um, und wird die feste oder auch lebendige Rolle genannt. Die zweite Rolle C hingegen ist inwendig mit einer rund ausgebohrten Büchse versehen, mittelst welcher sie sich auf dem runden Ende der Welle frei oder lose drehen kann; man nennt sie auch die todte Rolle oder Scheibe. An der Hauptwelle des Maschinenwerkes, die z. B. durch die Dampfmaschine betrieben wird, ist eine Rolle mit umgeschlungenem Seil ohne Ende, welches in der Nuthe liegt, angebracht, wodurch die Bewegung der festen Rolle B und demnach auch der Welle A, und der dadurch betriebenen Maschinerie, mitgetheilt wird. Will man jedoch die Bewegung der Welle A hemmen, so schiebt man das Seil oder die Schnur mit der Hand oder mit einem Hebel von der Scheibe B auf die Scheibe C. Soll ein Riemen angewendet werden, so müssen die Rollen an ihrem Umfange etwas gekrümmt sein, um das Ablaufen des Riemens zu verhindern.

Eine andere Vorrichtung ist die in Fig. 8 dargestellte gleitende Rolle (sliding pulley). Sie besteht aus einer hölzernen oder eisernen Rolle oder Scheibe P, welche aber nicht fest auf der Welle sitzt, sondern sich auf derselben lose drehen kann. Durch die Rückstange F G, deren Umdrehungspunkt sich in F befindet, kann die Scheibe C D auf der Welle etwas hin- und hergeschoben werden, indem die Rückstange in den Hals greift, der an dem Ansatz der Welle befindlich ist. An der Welle ist in fester Verbindung der Arm (gland) D E angebracht und an den beiden Enden mit Vertiefungen versehen, in welche die Haken in der Scheibe greifen. Nun wird zwar die Schnur um P, welche von der Hauptwelle die Bewegung erhält, die Scheibe P fortwährend bewegen; weil jedoch dieselbe auf der Welle lose läuft, so wird dadurch keine Bewegung von A B erfolgen. Schiebt man jedoch mit der Rückstange F G die Scheibe P gegen den mit der Welle fest verbundenen Arm, D E, so werden die Haken von jener in die Vertiefungen

Digitized by Google

von dieser eingreifen und nun die Welle AB bewegen. Bei dem Eingreifen der Zähne entsteht jedoch eine bedeutende Erschütterung, weshalb die vorhergehende Vorrichtung besser ist. Außerdem giebt es noch eine Menge anderer Methoden, die von verschiedenen Maschinenbauern angewendet werden, wenn die Bewegung durch Bänder fortgepflanzt werden soll; allein da sie nur in der Form verschieden, in dem Prinzip aber einander gleich oder doch sehr ähnlich sind, so brauchen wir nicht weiter darauf einzugehen. Dagegen wollen wir einige von den Vorrichtungen beschreiben, welche angewendet werden, wenn die Bewegung durch Räderwerk fortgepflanzt werden soll.

Wenn eine Maschine in Bewegung ist, so kann sie mit vollkommener Sicherheit zum Stillstande gebracht werden; anders ist es aber dann, wenn sie auf solche Weise in Betrieb gesetzt werden soll, weil man alsdann immer in Gefahr geräth, die Zähne zu zerbrechen, besonders bei großen Geschwindigkeiten. Es können daher solche Vorrichtungen zum Ein- und Ausrücken, wenn die Bewegung durch Räderwerk fortgepflanzt wird, nur bei Walzwerken und bei einigen andern Maschinen, bei denen keine große Umlaufsgeschwindigkeit erforderlich ist, angewendet werden.

Eine sehr häufig benutzte Methode, die gewöhnliche Klaue (common clutch), welche mehr zu einer allgemeinen Anwendung bei Maschinenwerken fähig ist, zeigt sich in Fig. 9, wo AB eine Welle darstellt, mit der die Maschine, welche zu Zeiten angelassen und zu Zeiten außer Betrieb gesetzt werden soll, verbunden ist, und CC ein Rad, welches sich mittelst einer Büchse frei auf der Welle bewegt und die von der bewegenden Maschine in Umgange erhalten wird. Der mit A bezeichnete Theil der Welle ist quadratisch * und die Klaue (clutch) DD kann mittelst der Rückstange EF etwas auf der Welle hin- und hergeschoben werden. Schiebt man nun die Klaue so gegen das Rad und seinen Ansatz, daß die Zähne der erstern in die Vertiefungen der letztern greifen, so dreht sich das Rad mit der Welle, und schiebt man die Klaue wieder zurück, wie die Figur 9 zeigt, so tritt sie mit dem Rade und mit den Maschinentheilen, welche dasselbe in Bewegung setzt, wieder außer Verbindung. Auch bei dieser Vorrichtung sind Stöße unvermeidlich, wenn das Einrücken erfolgt; allein Brüche sind nicht gut möglich, da man die Zähne der Klaue so stark, als man will, machen kann.

Zuweilen giebt man einer andern Art des Ein- und Ausrückens, dem sogenannten Bayonet oder der Bayonetklaue (locking bayonet) den Vorzug. Die Construction dieser Vorrichtung ist die folgende: Starke Arme AA, Fig. 10, werden auf der Welle gerade vor dem Rade befestigt, oder mit der Welle aus einem Stück gegossen. Durch die Enden dieser Arme sind Löcher zur Aufnahme der Schenkel, ff, des Bayonets gebohrt, welche durch Schrauben und Bolzen mit DD verbunden sind. Dieser ist dem Arm AA ähnlich, bewegt sich aber mittelst der Büchse g auf der Welle hin und her, welches durch eine Rückstange bewirkt wird, die in den Hals g greift. Wird nun das Bayonet DD, ff mittelst der Rückstange nach dem Rade zu geschoben, so greifen die Schenkel ff in die Löcher von AA, und dieser Arm, der sich mit dem Rade frei auf der Welle bewegt, wird nun mit dem Bayonet, welches der Umdrehung der Welle folgt, auch umgedreht.

Wegen der Nachtheile, welche sowohl diese als die früher beschriebenen Verbindungsvorrichtungen haben, indem sie zerstörend auf die Maschine wirken, hat man mehre Versuche gemacht, eine zu erfinden, bei der die Bewegung mehr nach und nach mitgetheilt wird. Bei einer dieser Vorrichtungen, bei der sogenannten Frictionsklaue (Friction clutch), welche Fig. 11 zeigt, ist dieß ziemlich vollkommen erreicht. Hier ist AB der von der Maschine in Bewegung gesetzte Theil der Welle; CDE ein Bayonet, welches entweder auf einen quadratischen Theil der Welle AB gleitet, oder durch die Arme eines Kreuzes HI (wie es in der Figur abgebildet worden) geht. Dieß Kreuz ist auf AB befestigt. FG ist der mit AB zu verbindende Theil der Welle. Auf ihm ist eine Scheibe F befestigt, um deren vertiefter Peripherie ein Ring LM liegt, der aus zwei Hälften besteht und bei aa durch Schrauben verbunden ist. Wird nun die Maschine in Bewegung gesetzt, so wird der Ring LM durch das Bayonet oder die Klaue CDE bewegt, und mit ihm dreht sich, vermittelst seiner Friction auf der Peripherie, auch die Scheibe F auf dieselbe sanfte und stufenweise Art, wie dieß bei einem Riemen oder Seil und einer Rolle der Fall ist. Jedoch erfüllt der Ring seinen Zweck noch besser, wenn er auf der Scheibe als Feder wirkt. Diese Vorrichtung ist sehr sinnreich und kann bei großen Maschinenwerken angewendet und nach den Umständen auf verschiedene Weise verändert werden; auch ist es einleuchtend, daß er Stöße und Zerstörungen der Maschine vermeidet, welches den andern Vorrichtungen zur Last fällt. Denn wenn z. B. ein Seil oder ein Riemen zerreißt und die Stücke davon zwischen das Räderwerk fallen, so zerbrechen diese. Bei der vorliegenden Vorrichtung aber wird bei vorkommenden Hindernissen der Ring auf der Scheibe gleiten und den Maschinentheil, der dadurch bewegt wird, zum Stillstande bringen, ohne die allgemeine Bewegung der Maschine wesentlich zu verändern, während, bei den gewöhnlichen Methoden der Verbindung, die ganze bewegende Kraft der Maschine ausgeübt zu werden fortfährt und wahrscheinlich den Bruch oder die sonstige Zerstörung irgend eines Maschinentheiles veranlassen würde, ehe der Zufall entdeckt werden kann.

Von den Zapfen.

Es ist stets sehr zweckmäßig, daß die Zapfen (gudgeons) mit der Welle aus einem Stück bestehen, weil die geringste Abweichung von der geraden Linie einen Druck und einen unregelmäßigen Gang in den Lagern veranlaßt. Bei hölzernen Wellen ist es jedoch unmöglich, daß die Zapfen aus demselben Stück bestehen, und es ist dieß einer der größten Nachtheile ihres Gebrauches. Wenn man bedenkt, daß die Richtung des Gewichts, welches einen Zapfen in einer hölzernen Welle lose zu machen sucht, fortwährend wechselt und daß eine solche Wirkung auf Holz, d. h. auf ein Material ausgeübt wird, welches sich sehr leicht und permanent zusammen drücken läßt, so darf man sich nicht wundern, daß die Befestigung der Zapfen in solcher Welle zu den schwierigen Arbeiten gehört, und daß, ehe die Kreuzflügelzapfen, welche als eine wesentliche Verbesserung

* In der Fig. 9 ist dieser Theil aus Versehen ebenfalls rund gezeichnet.

Digitized by Google

anzusehen sind, angewendet wurden, die Verhinderung des Losewerdens sehr mühsam und kostbar war.

Ein solcher Kreuzflügelzapfen ist in den Fig. 1 und 2, Taf. III, abgebildet. Er besteht aus Gußeisen und der Zapfen ist genau abgedreht; er hat vier Flügel a b c d, die ein Kreuz bilden, welches in dem Ende einer hölzernen Welle A eingelassen ist. Die vordere Kante eines jeden Flügels ist bedeutend dünner, als nach hinten zu, so daß ein Paar starker eiserner Ringe h h, die auf das Ende der Welle aufgetrieben sind, das Holz rings um fest halten. Da nun die Flügel nach hinten zu stärker sind als nach vorn, so kann der Zapfen nicht vorrücken. Zur weitern Sicherheit werden Schrauben durch die Arme des Kreuzes gesteckt, die in diesem Falle stärker gemacht werden und nicht so weit in das Holz gehen. Die Schrauben gehen weit in das Holz hinein und es ist zu dem Ende ein Loch in dasselbe gebohrt, um das Ende des Bolzens zu treffen, und oben wird eine Mutter aufgeschroben, deren Kopf versenkt ist. Durch eine solche Vorrichtung kann ein Zapfen sehr fest mit einer Welle verbunden werden; jedoch können sie nie mit eisernen Wellen in Vergleich kommen, bei denen die Zapfen in einem Stück mit dem Körper der Welle selbst gegossen sind.

Eine verbesserte Methode, die Zapfen in einer Welle zu befestigen, ist in den Fig. 3, 4 und 5, Taf. III, dargestellt. Der Zapfen ist mit Kreuzarmen zusammen gegossen, welche in besondere Vertiefungen einer achteckigen gußeisernen Büchse passen, die auf dem Ende der Welle vorher befestigt worden ist. A A ist ein Theil von dem Ende der hölzernen Welle, die eine achteckige Form hat und auf der ein Wasserrad hängt. Sie ist lang genug, um quer über die Radstube zu reichen und hat an jedem Ende einen Zapfen, welcher sich in einem Zapfenlager dreht. B B ist eine gußeiserne Büchse, oder ein kurzer Cylinder, der auf das Ende der Welle getrieben und auf derselben fest verkeilt ist, wodurch das Holz mehr als durch irgend einen andern Ring gegen das Aufreissen geschützt wird. Oben hat der Ring einen vorspringenden Rand a a und in demselben vier Vertiefungen zur Aufnahme der Arme von dem eisernen Kreuz b b, d d, welches, wie wir sehen, einen Theil des Zapfens c bildet, um welchen sich die Welle dreht. Das Kreuz ist durch vier Schraubenbolzen, die durch den Rand gehen, fest mit der Büchse verbunden, und Muttern, die auf der Seite, wo das Kreuz liegt, auf die Bolzen geschroben worden sind, befestigen das Ganze. Der Durchschnitt (Fig. 5) zeigt das Kreuzstück und die Büchse getrennt, um die Art und Weise ihrer Vereinigung darzustellen; die innere Seite des Kreuzes ist mit Vorsprüngen e e versehen, die in das Ende der Büchse treten und den Zapfen in seinem genauen Mittelpunkt erhalten. Ist ein solcher Zapfen abgenutzt, so kann er leicht durch einen andern ersetzt werden, in dem man den alten los- und den neuen wieder aufschraubt. Da der Zapfen ferner keine so großen und schweren Flügel hat, so kann er leicht auf der Drehbank abgedreht werden, welches ein bedeutender Vorzug ist.

Bei senkrechten Wellen, bei denen das eigene Gewicht sowohl als das der mit ihnen verbundenen Maschinentheile von dem Zapfen getragen werden muß, ist diese Methode den Kreuzflügelzapfen vorzuziehen, indem dabei eine größere Holzoberfläche getragen wird; wogegen bei liegenden oder horizontalen Wellen die Kreuzflügelzapfen den Vorzug vor allen übrigen verdienen.

Wenn eine eiserne Welle massiv gegossen worden ist, so besteht der Zapfen aus einem Stück mit ihr und unterscheidet sich von ihrem Körper nur dadurch, daß er im Allgemeinen dünner und genau auf der Drehbank abgedreht ist. Die erforderliche Stärke der Zapfen werden wir weiter unten betrachten, obwohl sie in der Praxis in den meisten Fällen stärker gemacht werden, als ihre Belastung erfordert, da dünne Zapfen und deren Lager oder Pfannen sich sehr stark abnutzen. Bei senkrechten gußeisernen Wellen ist der Zapfen gewöhnlich etwas eiförmig gegossen, d. h. er ist bei a (Fig. 6) etwas dünner, um jede Hemmung in der Pfanne zu vermeiden. Eine andere Art ist die, den Zapfen unten flach und mit einer schmalen Vertiefung auf der Fläche zu machen. Auf dieser Fläche ist eine dünne Stahlplatte, A, Fig. 7, angebracht, ebenfalls mit einer Nuthe a, welche den Zweck hat, Oel aufzunehmen. Ein Zapfen dieser Art war in einer Roßmühle in England zwanzig Jahre in Gebrauch gewesen, ohne besonders abgenutzt worden zu sein. Man wendet die verstahlten Zapfen daher bei sehr schweren stehenden Wellen, z. B. bei denen der Kreiselräder an. In den Fällen, wo ein starker Seitendruck stattfindet, ist jedoch diese Methode unzulänglich, und es ist dabei eine andere, zweckmäßigere angewendet worden. Sie besteht darin, daß der stählerne Zapfen cylindrisch und in den Fuß der stehenden Welle eingelassen ist. Der Boden der Pfanne ist convex und es sind mehre Stahlstückchen eingelegt, welche die Gestalt einer doppelten convexen Linse haben. Diese Stahlstückchen haben eine geringe Bewegung, vermindern daher die relative Bewegung des Zapfens und folglich auch die Friction. Als eine gänzlich verschiedene Methode können wir auch noch hinzufügen, daß Hr. Bramah, in der Beschreibung seines Patents auf eine Hobelmaschine, eine Art der Bewegung der Zapfen gänglich auf einer Flüssigkeit erwähnt, und daß sie mittelst einer kleinen Druckpumpe und eines Hahns nach Belieben gehoben und gesenkt werden können. Jedoch ist diese Methode nicht in allgemeinen Gebrauch gekommen und nur in einzelnen Fällen, z. B. bei der Hobelmaschine in dem Königl. Arsenal zu Woolwich in England, angewendet worden.

Die beste Form, um gußeiserne Wellen recht stark zu machen, ist das Röhrenartige oder Cylindrische, wobei es natürlich nöthig ist, den Zapfen in einem besondern Stück zu gießen, welches auch ohne Nachtheil geschehen kann. Die Verbindung kann aber auch auf eine weit festere Art bewerkstelligt werden, als bei einer hölzernen Welle, und wenn sie gut ausgeführt worden ist, so hat sie eine lange Dauer, ohne daß irgend eine Abweichung von der geraden Linie stattfindet. A B (Fig. 8 und 9) ist ein Durchschnitt einer cylindrischen Welle, die an beiden Enden, auf eine gewisse Länge, eine größere Metallstärke hat, und drei darin eingegossene Rippen, a, a, a, haben Nuthen zur Aufnahme von Federn. c c ist der Zapfen mit drei Armen, die mit ihm aus einem Stück gegossen oder geschmiedet, und ebenfalls mit Nuthen versehen sind, die den obigen in den Rippen der Welle correspondiren. Am Ende der Welle wird ein schmiedeeiserner Ring h aufgetrieben, um dieselbe gegen

Digitized by Google

das Zerspringen zu hüten. Nachdem nun der Zapfen an seinen Platz gebracht worden ist, werden die Federn und Keile eingetrieben, um ihn zu befestigen. Zuweilen haben die Zapfen vier Arme, allein dieß wird nicht als zweckmäßig angesehen, weil es beim Eintreiben der Keile schwer hält, alle gleich zu befestigen und den Zapfen genau zu centriren, welches dagegen bei drei Armen nicht der Fall ist; denn wenn einer verkeilt wird, so muß dieß bei den andern auch geschehen. Bei minder starken hohlen Wellen haben die Zapfen gewöhnlich keine Arme, sondern bestehen aus einem massiven Cylinder, der an drei Stellen seiner Peripherie Nuthen hat. Er wird in das Ende der Welle eingeschoben, das ebenfalls drei correspondirende Nuthen hat und wird dann mittelst Federn und Keilen, wie bei der vorhergehenden Art, befestigt. Zuweilen werden die Zapfen erst dann abgedreht, wenn sie in den Wellen befestigt worden sind; allein gewöhnlich erlangt man hinreichende Genauigkeit, wenn sie vorher abgedreht werden, welches bequemer ist, und daß man sie alsdann recht genau concentrisch in der Welle verkeilt.

Eine Methode, die Zapfen an der Welle zu befestigen, welche am zweckmäßigsten für stehende gußeiserne Wellen paßt, ist in Fig. 10 dargestellt. ABCD ist ein Theil von dem Ende einer Welle, welches genau ausgebohrt, so wie der Zapfen genau abgedreht ist, damit sein dickes walzenförmiges Ende genau in den ausgebohrten Theil der cylindrischen Welle paßt. Die Befestigung wird durch Ränder an den Enden der Welle und an den Zapfenstücken bewirkt, durch welche Schraubenlöcher für Schraubenbolzen mit Muttern gehen. Es erfordert diese Methode viel Arbeit und sie ist daher theurer, als die vorher beschriebenen. Der Zapfen besteht zuweilen aus Stahl oder Stabeisen, ist etwas konisch geschliffen und wird in das Zapfenstück eingelassen, wie die punktirten Linien in Fig. 9 zeigen, so daß unter Umständen, bei denen die Zapfen eine große Abnutzung erleiden, wie es z. B. bei denen der Wasserradwellen ist, die selten recht gut gegen den Schmutz gesichert sind, sie zu jeder Zeit ausgewechselt werden können.

Stärke der Zapfen. — Da die Zapfen das ganze Gewicht ihrer Welle, der Räder ꝛc. zu tragen, so müssen sie zu dem Ende eine hinlängliche Stärke haben; während auf der andern Seite zur Vermeidung einer unnöthigen Friction ihr Durchmesser, in Uebereinstimmung mit der Abnutzung und der Bearbeitung, so klein als möglich sein muß.

Die Stärke eines Zapfens ist durch die Belastung begrenzt, welche er, ohne bleibende Veränderung seiner Struktur, zu tragen vermag, da seine Länge, im Verhältniß zu dem Durchmesser stets so gering ist, daß die Biegung in praktischer Beziehung ganz unmerklich sein wird. Die berechnete Kraft muß daher jede Art von Einwirkung auf die Welle einschließen. Der Durchmesser muß daher so bestimmt werden, daß der Zapfen der ganzen Belastung zu widerstehen im Stande ist.

Wenn w die äußerste Belastung in Centnern und l die Länge des Zapfens in Zollen ist, so haben wir (s. Tredgold „über die Stärke des Gußeisens ꝛc.," Art. 138)

$\frac{(112\ w \times {}^1/_{12}\ l)^{\frac{1}{3}}}{5}$ oder $0{,}42\ (w\,l)^{\frac{1}{3}} = d$, den Durchmesser des Zapfens in Zollen. Nun muß aber noch die Abnutzung, welche sich direct wie die Belastung und umgekehrt wie die Länge des Zapfenlagers verhält, berücksichtigt werden. Daher muß die Länge des Zapfens in demselben Verhältniß größer sein, als die Belastung bedeutender ist. Ehe wir nun zu genauern Prinzipien gelangen, das Verhältniß der Zapfen einer Maschine nach der Beschaffenheit ihrer Leistungen einzurichten, müssen wir ${}^1/_5$ des Durchmessers für die Abnutzung rechnen, wenn keine sandigen Substanzen auf den Zapfen einwirken, und ${}^1/_4$ in allen den Fällen, wenn dieß geschieht. Im erstern Fall ist die Regel: ${}^1/_2\ \sqrt[3]{w\,l} = d$ oder $0{,}5\ (w\,l)^{\frac{1}{3}} = d$; d. h. man multiplicire die Belastung oder das Gewicht der Welle nebst dem Rade in Centnern mit der Länge des Zapfens in Zollen, und die mit 0,5 multiplicirte Kubikwurzel des Products giebt den Durchmesser des Zapfens in Zollen. In dem letztern Falle aber, wenn der Zapfen eine starke Abnutzung erleidet, welches von der Beschaffenheit der Maschine und ihrer besondern Lage abhängt, multiplicire man die Kubikwurzel mit 0,56 statt mit 0,5.

Buchanan aber bemerkt, daß man durch Beobachtungen gefunden habe, daß in der Praxis die sehr einfache Regel hinreiche, die Kubikwurzel in Centnern als Zolle für den Durchmesser anzunehmen, wiewohl dieß natürlich nur eine annähernde Bestimmung sein kann. Es muß nur noch bemerkt werden, daß die Festigkeit des Gußeisens so ungleich ist, daß man aus diesem Grunde über die Stärke der daraus zu verfertigenden Wellzapfen keineswegs eine allgemeine Regel angeben kann.

Die folgende Tabelle giebt eine Bestimmung der Verhältnisse von den Zapfen verschiedener Wasserräder, die in wirklichem Gebrauch stehen und die dabei genügende Resultate gegeben haben. Die 1. Kolumne enthält die Ordnungsnumer; die 2. giebt das Material an, aus welchem das Rad besteht; 3. den Durchmesser in Fußen; 4. die Breite in Fußen; 5. die Art der Räder; 6. den Durchmesser des Zapfens in Zollen; 7. das Gewicht des Rades in Centnern (à 112 Pfund engl. = 108,56 preuß. Pfunden); 8. den Durchmesser in Zollen, entlehnt von Herrn Tredgold's Formel, bei der größten Abnutzung. Dabei ist die Länge des Zapfens gleich dem Durchmesser angenommen, wie es das gewöhnliche, in der Praxis gebräuchliche Verhältniß ist; 9. der Durchmesser bei gewöhnlicher Abnutzung; 10. Durchmesser des Zapfens in Zollen, entlehnt von der oben erwähnten praktischen Regel, wonach er die Kubikwurzel der Kolumne 7 in Centnern ist.

Digitized by Google

Tabelle über Zapfen an Wasserradwellen.

Nummer.	Material.	Durchmesser des Rades in Fußen.	Breite des Rades in Fußen.	Art des Rades.	Durchmesser des gußeisernen Zapfens in Zollen.	Gewicht der Räder in Centnern.	Durchmesser nach Hrn. Tredgold's Formel berechnet für starke Abnutzung	Durchmesser nach Hrn. Tredgold's Formel berechnet für geringe Abnutzung	Kubikwurzel des Gewichts in Pfunden.
1	Holz . . .	25	12	Oberschlächtig	7	474	8,35	7,45	7,79
2	Gußeisen .	16	6	"	7	240	6,64	5,94	6,21
3	"	16	8	"	6½	330	7,26	6,48	6,91
4	Rad und								
5	Schaufeln	32	4½	"	9	400	—	—	7,36
6	Gußeisen .	32	4½	"	—	480	—	—	7,82
7	Holz . . .	16	9	"	6	211	6,06	5,40	5,95
8	"	12½	7	"	6	114	5,14	4,61	4,84
9	"	32	11	"	10				
10	"	21	10	"	7				
11	"	28	6	"	8				
12	Fichten . .	18	10	"	10				

Die in der obigen Tabelle aufgeführten Räder hängen alle auf der Mitte ihrer Wellen; beide Zapfen einer jeden Welle haben daher gleiche Belastung.

Untersucht man die Zahlen in der obigen Tabelle, welche alle von Wasserradwellen entlehnt worden sind, so findet man, daß der Durchmesser der Zapfen, nach der vorhergehenden Formel für außerordentliche Abnutzung berechnet, den Durchmesser übersteigen, den man erhält, wenn man die Kubikwurzel des Gewichts in Centnern nimmt, oder auch den von wirklich im Betriebe stehenden Wellen entnommenen, nur mit einigen Ausnahmen. Dagegen sind für den Fall der geringern Abnutzung die Durchmesser geringer und die Kubikwurzel des Gewichts in Centnern bildet demnach eine Art von Mittel zwischen den beiden, und da die Belastung, die Abnutzung u. s. w. der Wasserrad-Wellzapfen nicht solchen Nachtheilen unterworfen sind, daß man sie zur ersten Klasse rechnen kann, obgleich sie die andern übersteigen, so mag die einfache praktische, von Buchanan gegebene Regel sehr zweckmäßig für diesen besondern Fall sein.

Bei den obigen Untersuchungen haben wir unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich auf gußeiserne Zapfen beschränkt und ihnen im Allgemeinen den Vorzug gegeben, da sie wohlfeiler sind und zweckmäßiger dargestellt werden können als die schmiedeeisernen. Jedoch giebt es manche Fälle, bei denen die letztern ebenfalls angewendet und sogar vorgezogen werden. Die Durchmesser können dann geringer gemacht werden, als in der vorstehenden Tabelle. Die relative Widerstandsfähigkeit des Stab- und Gußeisens, unter Berücksichtigung der bleibenden Veränderung, verhält sich wie 14 zu 9; und da die Widerstandsfähigkeit gegen diese Veränderung sich auch verhält, wie die Kubikzahlen der Durchmesser, so folgt, daß, wenn derselbe Widerstand erforderlich ist, die Durchmesser in den beiden Fällen umgekehrt wie die Kubikwurzeln dieser Zahlen, oder wie $\sqrt[3]{9} : \sqrt[3]{14}$, oder wie 0,87 zu 1 gemacht werden müssen. Um daher den Durchmesser der geschmiedeten Zapfen zu finden, muß man erst den des gußeisernen bestimmen und denselben mit 0,87 multipliciren.

Von den Zapfenlagern.

Die Zapfenlager (Plumber blocks und steps) sind, wie wir schon bemerkten, diejenigen Maschinentheile, welche die Pfannen oder Büchsen (bearings, brasses, pillows), in denen sich die Wellzapfen unmittelbar bewegen, enthalten. Die Pfannen bestehen gewöhnlich aus einer Legirung von Kupfer und Zinn, die dem Kanonenmetall sehr ähnlich, aber weit härter und dauerhafter als gewöhnliches Messing ist und mit Guß- und Stabeisen mit sehr weniger Friction arbeitet. Häufig wendet man aber auch andere wohlfeilere Substanzen zu den Pfannen an, die unter günstigen Umständen eben so dauerhaft sind. Dahin gehört hauptsächlich das Gußeisen, indem solche Pfannen oft mit außerordentlich geringer Friction arbeiten, welches sich besonders dadurch zeigt, daß die Zapfen nicht heiß werden. Die äußere Rinde des Gußeisens, besonders wenn es in eisernen Schalen gegossen worden, ist sehr hart und sehr dauerhaft, und wenn es nun noch gut polirt ist, so arbeitet es mit sehr geringer Friction. Solche Pfannen sollen sehr gut bei schmiedeeisernen Zapfen sein, obgleich dieß gegen einige Versuche über die Reibung ist.

Auch hölzerne Pfannen werden zuweilen angewendet. Buchsbaum- und Lebensbaumholz (lignum vitae) sind seit langer Zeit im Gebrauch, obwohl letzteres dem Zweck nicht sehr entsprechen soll; Buchenholz, besonders das von verwachsenen und ästigen Stellen, ist allem übrigen vorzuziehen und ist mit dem besten Erfolge angewendet worden; auch das Stechpalmenholz soll dem Zweck sehr gut entsprechen.

Figur 11, Taf. III, ist die Ansicht eines sehr zweckmäßig eingerichteten Zapfenlagers und zeigt die Art und Weise, wie die Pfanne oder Büchse in demselben angebracht worden

Digitized by Google

ist. aa ist eine gußeiserne, durch zwei oder mehre Bolzen bb, mit dem hölzernen Gerüst, oder dem Angewelle der Maschine verbundene Platte. An dieselbe angegossen sind zwei aufrecht stehende Pfeiler cc, zwischen denen die messingene Pfanne, oder Büchse l liegt, die eine halbrunde Vertiefung hat, in welcher sich der Wellzapfen dreht. Eine andere ähnliche Büchse ist in dem gußeisernen Pfannendeckel dd eingelassen und es wird derselbe mittelst der mit Muttern versehenen Schraubenbolzen ee fest auf dem Zapfen erhalten. Damit die Büchsen nicht seitwärts ausweichen können, sind sie mit Leisten, die daran gegossen worden, versehen, welche in Nuthen, die in dem Zapfenlager befindlich sind, passen. Auf dieselbe Weise ist der Pfannendeckel dd zwischen den Stücken cc eingelassen, so daß er auch nicht seitwärts abweichen kann, und die Schraubenbolzen haben daher nur die Pfannen zusammen zu halten. Zuweilen sind die Zapfenlager so eingerichtet, daß sie eine Justirung zulassen, in welchem Fall eine eiserne Platte ff mit dem Angewelle durch Bolzen und Schrauben verbunden ist. Auf derselben liegt die Zapfenlagerplatte aa, und dieselben Bolzen, bb, gehen durch beide. Die Löcher, durch welche sie in der Platte aa gehen, sind länglich, so daß das ganze Zapfenlager hin und her geschoben werden kann. Es geschieht dieß durch die Keile gg, die zwischen ihm und den vorstehenden Rändern mn der Platte ff eingetrieben werden und die auf diese Weise eine genaue Justirung in horizontaler Richtung gestatten. Durch die Keile hh, auf denen es ruhet, kann das Zapfenlager und mit ihm der Zapfen und die ganze Welle etwas gehoben und gesenkt werden, indem auch die Muttern bb losgelassen oder fester angezogen werden.

Die beste Art, die innere Oberfläche einer Büchse für ein Zapfenlager sehr genau zu machen, besteht darin, beide Hälften, die untere und den Deckel in eins zu gießen und sie durch eine Kerbe so zu trennen, daß sie immer noch etwas zusammenhängen. Sie können alsdann auf einer Drehbank genau ausgebohrt und darauf mittelst einer Säge auseinander geschnitten werden, um die eine Hälfte in das Zapfenlager, die andere in den Pfannendeckel zu legen. Zuweilen werden auch die beiden Hälften der Büchse eines Zapfenlagers erst dann ausgebohrt, wenn jenes fest an seinem Platze liegt.

Zuweilen werden zur Verminderung der Friction in den Zapfenlagern Frictionsrollen oder Frictionswalzen angewendet, jedoch nicht mit Vortheil bei schweren Maschinen, weil sie bei denselben zu leicht in Unordnung kommen und auch einer sehr genauen Arbeit bedürfen. Ihre Wirkung hängt davon ab, eine gleitende in eine rollende Bewegung zu verwandeln, so daß blos die Reibung oder das Gleiten der kleinen Are bleibt, welche die Walze an ihrem Platz erhält. Auch Frictionsräder werden zu demselben Zweck angewendet; sie sind von den Frictionsrollen oder Frictionswalzen darin verschieden, daß die Last von den Aren der Frictionsräder und von den Oberflächen der Walzen getragen wird. Die Art und Weise der Construction der Frictionsräder ist aus Fig. 12 und 13 ersichtlich. aa ist ein, durch Schraubenbolzen an dem Angewelle befestigter eiserner Kranz, welcher mit Büchsen zur Aufnahme der Zapfen der Frictionsräder versehen ist, die sich in ihm bewegen. Nachdem nun die Frictionsräder an ihre

Stellen gebracht worden sind, liegt der Zapfen der Welle zwischen ihnen, so daß, wenn er sich umdreht, er auf ihnen rollt, oder vielmehr ihre Peripherien sich mit ihm und die Zapfen der Frictionsräder sich folglich so langsam bewegen, daß die Reibung dadurch wesentlich vermindert wird, indem das Verhältniß von dem zwischen dem Durchmesser der Räder und des Zapfens abhängt.

Noch weit geringer ist aber die Reibung bei den Frictionsrollen, wenn dieselben recht genau gearbeitet worden sind. In Fig. 14 ist eine Reihe solcher Frictionsrollen oder Frictionswalzen abgebildet. aa ist eine auf dem Angewelle mit Schraubenbolzen befestigte gußeiserne Platte und an dieselbe ist ein kreisrunder Ring bb gegossen, der inwendig auf einer Drehbank mit der größten Genauigkeit ausgedreht worden ist. Der ebenfalls genau abgedrehte Wellzapfen c ruhet in seinem Mittelpunkte auf sechs, in der Peripherie gleich weit von einander entfernt liegenden Walzen ccc ꝛc. von solchem Durchmesser, daß der Raum zwischen dem Zapfen und dem Ring genau ausgefüllt ist. Die Walzen müssen sämmtlich ganz genau denselben Durchmesser haben, überhaupt sehr genau gearbeitet sein und den Raum vollständig ausfüllen. Indem sich der Zapfen umdreht, hat er eine Tendenz, diese Walzen umzudrehen, da sie aber keine festen Mittelpunkte haben, so drehen sie sich in dem Ringe in derselben Richtung um, wie die Bewegung des Zapfens ist, aber nur sehr langsam, da ihre Geschwindigkeit sich zu den Durchmessern des Zapfens c und des Ringes b verhält. Um die Walzen in ihren relativen Entfernungen von einander zu erhalten, hat jede in der Mitte ihrer Länge eine Nuthe oder einen Hals eingedrehet, welches die Seitenansicht bei h zeigt, und ein eiserner Ring l mit sechs Einkerbungen in der äußern Peripherie nimmt die sechs Walzen auf, so daß sie in den gehörigen Entfernungen von einander bleiben. Wenn nun der Zapfen c zwischen dieselben gebracht worden ist, so nehmen sie ihre gehörigen Stellungen ein und liegen genau parallel. Die Einschnitte in dem Ringe l sind weiter als die Hälse der Walzen und haben daher gehörigen Spielraum und nur eine geringe Friction; denn der Ring wird nicht wesentlich dazu angewendet, die Walzen in ihren relativen Entfernungen zu erhalten, sondern nur, um die Gefahr zu vermeiden, daß sie durch irgend einen Zufall gänzlich von ihrer Stelle entfernt werden. Um Staub oder Schmutz von den Walzen entfernt zu halten, indem dieselben für ihre Wirkung sehr nachtheilig sind, wird auf jeder Seite des Ringes b eine eiserne Platte angeschroben, von denen eine eine ringförmige Oeffnung haben muß, durch welche der Wellzapfen geht. Diese Platten verhindern auch ein Verschieben der Walzen nach den Enden zu; um aber Friction zu vermeiden, wenn sie mit den Platten in Berührung kommen, müssen die Enden deshalb etwas convex sein, wie bei h zu sehen ist, damit sie im Mittelpunkte eher, als an der Peripherie anstoßen. Sie werden daher nie eine starke Friction gegen die Platten ausüben.

Auf die eben beschriebenen Frictionswalzen wurde in England ein Patent genommen und eine große Fabrik errichtet, um sie für verschiedene Zwecke, für Wagenräder, Wasserräder u. s. w. zu verwenden. Man fand sie sehr vortheilhaft, da sie fast keine merkliche Friction bei der Bewegung zeigten. Dagegen kamen sie sehr leicht in Unordnung, be-

Digitized by Google

sonders durch das Eindringen von Staub, welcher veranlaßte, daß sich die Walzen auf der einen Seite wegen ungleicher Härte mehr abnutzten, als auf der andern; und wenn durch irgend eine Ursache die Walzen einen Augenblick stillstanden, rieb der Zapfen eine flache Stelle auf den beiden Walzen unter sich und sie liefen nie wieder um. Sie wurden alsdann auch lose und boten dem Zapfen einen größern Widerstand dar, als die gewöhnlichen festliegenden Büchsen. Zu feinen Maschinenwerken, bei denen man zu den Walzen und zu dem Ringe gehärteten Stahl nehmen kann, wird die Vorrichtung mit großem Vortheil angewendet; allein bei gewöhnlichen Maschinen haben die erwähnten Unvollkommenheiten es veranlaßt, daß sie wieder außer Gebrauch gekommen ist.

Zu den Pfannen der stehenden Wellen wird gewöhnlich Stahl angewendet, da wegen des großen Gewichts, welches sie zu tragen haben, die Abnutzung der Pfannen von Messing oder Kanonenmetall zu groß ist und eine zu öftere Auswechselung der Pfannen erforderlich macht, welche Operation gewöhnlich mit großen Unbequemlichkeiten verbunden ist.

Zuweilen werden zur Verminderung der Reibung, bei stehenden Wellen, konische Frictionswalzen angewendet. Fig. 12, Taf. II, zeigt die Einrichtung dieser Walzen zu dem Zweck. A A ist eine Platte, welche die ganze Last der Welle trägt. Auf derselben ist ein kegelförmiger Theil befindlich, der im Mittelpunkte eine Oeffnung hat, in welche der untere Zapfen B der Welle paßt. Die Welle D endigt auch in einer konischen Platte, welche der konischen Erhöhung auf der Platte A genau ähnlich ist. Zwischen diesen beiden Oberflächen liegen die Frictionswalzen, welche das ganze Gewicht der Welle und der mit derselben verbundenen Maschinentheile tragen; der Zapfen hat dagegen nur den Zweck, die Welle in ihrer Stellung zu erhalten. Die Walzen werden durch den in b, Fig. 13, besonders im Grundriß dargestellten Ring in der gehörigen Entfernung von einander erhalten. Er ist mit drei vorspringenden Armen versehen, die als Spindeln dienen und durch die Arenlinie der konischen Walzen gehen, vor denen Splinte stecken, um ihr Ausweichen zu verhindern. Nun wird man leicht einsehen, daß, indem sich die Welle umdreht, die Walzen auf der Platte A A fortrollen und die Friction bedeutend geringer machen, als wenn die ganze Last der Welle auf dem Zapfen ruhte. Jedoch haben diese Frictionswalzen dieselben Fehler, wie die für die horizontalen Wellen, d. h. sie erfordern eine außerordentlich genaue Arbeit und haben dieselbe Tendenz, sich durch Staub, Schmutz und andere Substanzen ungleich abzunutzen; sie haben daher aus diesen Gründen keine allgemeine Anwendung gefunden.

Die Gerüste oder Gestelle (Framing) der Maschinen,

sind in ihrer Construction, nach der Beschaffenheit oder Lage der Maschinerie, die sie tragen sollen, so verschieden, daß eine spezielle Beschreibung derselben weit zweckmäßiger sein wird, wenn wir von den Maschinen selbst handeln werden, und wir reden daher hier nur von den allgemeinen Prinzipien ihrer Construction und beschreiben nur solche Theile, die alle Maschinen gemein haben.

Jede Maschine veranlaßt durch ihre Bewegung eine Erschütterung aller Theile des Gerüstes, wodurch daſſelbe in seinen Fugen lose und weit eher zerstört wird, als jedes gewöhnliche Gezimmer. Außerdem sind sie noch heftigen und plötzlichen Stößen unterworfen, welche von dem ungleichen und schlechten Umgange der Räder und von den hin- und hergehenden Bewegungen herrührt. Ein hölzernes Gerüst muß daher weit fester und steifer gemacht werden, als die Belastung erfordert, und zu gleicher Zeit hinlänglich schwer sein, um dem Ganzen Festigkeit und Sicherheit zu verleihen; denn wenn das Gerüst einer Maschine nicht fest und gehörig verbunden ist, so findet eine zitternde Bewegung in seinen Theilen, statt, und eine solche verbraucht einen großen Theil der angewendeten Kraft. Dieser Verlust an Kraft ist sehr schwer zu verfolgen; es ist aber gewiß, daß er, welch eine Bewegung von zitternder Beschaffenheit einem Gerüst und den mit demselben in Verbindung stehenden Theilen auch von einer Maschine mitgetheilt wird, an dem Nutzeffect verloren gehen muß, den sie haben würde, wäre sie ganz ohne diese Bewegung. Es muß bemerkt werden, daß ein leichtes, fest und gut verbundenes Gerüst, einem schwerern und in seinen verschiedenen Theilen nicht so gut verbundenen, vorzuziehen ist.

Außer der Stärke, Steifheit und Festigkeit erfordert das Gerüst einer Maschine eine solche Construction, daß es leicht zu repariren ist, und zwar so, daß jeder einzelne Theil ersetzt werden kann, ohne daß dadurch die andern einen nachtheiligen Einfluß erleiden. Es muß aber auch noch eine andere Betrachtung berücksichtigt werden, nämlich, daß da die Zapfen durch Abnutzung der Zapfen und Pfannen oder Büchsen, in denen sie sich bewegen, aus ihrer genauen Lage kommen, der dieselben tragende Theil des Gerüstes so eingerichtet sein muß, daß es eine Justirung des Zapfenlagers gestattet. Wenn die Welle ihre Bewegung durch ein Zahnrad erhält, so ist eine solche Justirung sehr wesentlich. Es ist ferner vortheilhaft gefunden, daß das Angewelle ein geringes elastisches Zittern besitzt, wenn die Maschine in Bewegung ist, indem dadurch die Friction um ein Bedeutendes vermindert wird.

Gußeisen ist bei der Construction der Gerüste dem Holz weit vorzuziehen. Es ist nicht allein weit dauerhafter, sondern da es auch den Vortheil besitzt, eine gleichförmige Textur zu haben und in jede beliebige Form gegossen werden zu können, so kann seine Stärke nach der größern oder geringern Belastung eines jeden einzelnen Theils eingerichtet werden. Da das Holz dagegen in gewissen Richtungen stärker ist, als in andern, und eine sehr beschränkte Breite hat, so ist seine Anwendung begränzt und erfordert in gewissen Fällen sehr viel Arbeit. Mehr über diesen Gegenstand findet man in Buchanan's schon erwähntem Werk über Maschinen- und Mühlenbaukunst.

Von der Regulirung oder Ausgleichung der Bewegung.

Obgleich wir bis jetzt nur die einzelnen Maschinentheile beschrieben und nicht viel mehr gethan haben, als eine einfache Erklärung des Ausdruckes Maschine zu geben, so ist es doch nothwendig, anzunehmen, daß die Leser einen allgemeinern Begriff von der Beschaffenheit und dem Gegenstande von Maschine und Maschinenwerk, wenn sie in Bewegung ist, haben, als in einer bloßen Erklärung umfaßt

Digitized by Google

werden kann. Es ist unmöglich, bei einem solchen Werke, wie das vorliegende, so zu verfahren wie bei einem geometrischen Lehrbuche, in welchem man von dem Bekannten zum Unbekannten vorschreitet und nie einen Ausdruck anwendet, der nicht vorher schon erklärt worden ist. Bei einem Werke über Maschinenwesen ist dieß nicht möglich; es ist nicht thunlich, einige von den Elementartheilen zu erklären und zu erläutern, ohne sich auf das Ganze zu beziehen, von welchem der Theil ein Glied ist; dieß ist z. B. jetzt der Fall, indem wir von einer im Betriebe begriffenen Maschine reden.

Die Regulatoren, welche gewöhnlich zur Ausgleichung der Bewegung angewendet werden, lassen sich auf die vier folgenden zurückführen, nämlich auf das Pendel, den Windfang, das Schwungrad und den Regulator; wir können aber auch noch die Luftpumpe hinzufügen.

Das Pendel wird nur bei solchen Maschinen angewendet, bei denen Gleichförmigkeit der Bewegung Hauptzweck ist, und es ist daher hauptsächlich auf die Uhren beschränkt, theils als eigentliches Pendel, theils als Spiralfeder. Es scheint, daß der Widerstand, welchen die Friction der Bewegung einer Maschine entgegensetzt, eine constante hemmende Kraft sei, und wenn Bewegung erfolgt, so muß sie stets geringer als die constante bewegende Kraft sein und jede constante Kraft wird eine beschleunigte Bewegung veranlassen. Wenn daher eine Maschine, auf welche eine constante Kraft wirkt, in Bewegung gesetzt wird, so wird diese, ohne Anwendung irgend eines Regulators, fortwährend beschleunigt werden. Es ist bereits bemerkt worden, daß bei Uhren dieß gewöhnlich durch ein Pendel bewirkt wird, welches ein stetes Bestreben hat, gleichförmig zu schwingen; und mittelst der sogenannten Hemmung kann die bewegende Kraft oder das Gewicht bei jeder Schwingung nur einen gewissen Theil hinabgehen. Da nun die Zeit der Schwingung, in Folge der Beschaffenheit des Pendels, gleichförmig ist, so wird die Bewegung der Räder ꝛc. auch gleichförmig. Wir kommen jedoch in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes auf die Uhren zurück; hier führen wir das Pendel nur als einen hauptsächlichen Regulator der Bewegung an.

Der Windfang (Fly) besteht aus vier oder mehren Speichen, die an einer Welle sitzen und an ihren Enden Flügel von gewisser Größe haben, die gewöhnlich so befestigt sind, daß sie nach jedem Winkel gedreht werden können. Der Windfang wird dann mit irgend einem sich drehenden Theil der Maschine in Verbindung gesetzt und regulirt die Bewegung durch den Widerstand, den sie der Atmosphäre entgegensetzen. Dieser Regulator wird jedoch nur da angewendet, wo Gleichförmigkeit der Bewegung Hauptsache ist, weil, wenn irgend eine Kraft übertragen werden soll, die bewegende Kraft, ehe sie die Uebertragung bewirken kann, den Widerstand des Windfanges zu überwinden hat, und daher eine größere, unnöthige, bewegende Kraft erforderlich ist. Man wendet den Windfang gewöhnlich nicht an, allein in einigen wenigen Fällen ist er ein nützlicher Regulator, wie z. B. bei dem, mit dem Aequatorialfernrohr verbundenen Heliostaten, bei dem Bratenwender, bei dem Schlagwerke der Uhren.

Von dem Schwungrade und dem Regulator. Bei allen größern Maschinen, deren Hauptzweck Uebertragung von Kraft ist, kann keiner von den beiden vorhergehenden Regulatoren angewendet werden, und man nimmt alsdann das Schwungrad und den Watt'schen Regulator. Das erstere hat den Zweck, jede große und plötzliche Unregelmäßigkeit der Bewegung zu verhindern, indem es das von der Maschine gegebene größere Moment aufnimmt und es wiederum abgiebt, wenn auf der bewegenden Seite ein Mangel an Kraft entsteht, oder auf der Widerstandsseite eine größere Last zu überwinden ist. Der Regulator ist dagegen so eingerichtet, daß, wenn die Beschleunigung der Maschine eine gewisse Grenze übersteigt, derselbe auf das Agens, welches die bewegende Kraft mittheilt und den Zufluß derselben verändert, oder auch auf einen andern Theil der Maschine wirkt, um den Widerstand zu vermehren, und auf diese Weise jeden ungewöhnlichen Grad von Geschwindigkeit zu verhindern. Ist dagegen auf der andern Seite die Geschwindigkeit zu gering, so wirkt der Regulator entweder darauf, den Zufluß der bewegenden Kraft zu vermehren, oder den Widerstand zu vermindern. Es kann daher durch die vereinigte Einwirkung des Schwungrades und des Regulators eine stetige, gleichförmige Bewegung, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, erlangt werden.

Es tragen mehre Umstände dazu bei, die Bewegung der Maschine ungleichförmig zu machen. Rührt die Bewegung von der Muskelkraft entweder der Menschen oder der Thiere her, so ist es einleuchtend, daß sich dieselbe nothwendig sehr verschieden äußern muß. Was die bewegende Kraft des Windes anbetrifft, so ist ja dessen Veränderlichkeit zum Sprichwort geworden. Das fließende Wasser zeigt ebenfalls gewisse Unregelmäßigkeiten in der Kraft und Geschwindigkeit, und der Dampf endlich hat auch eine veränderliche Elasticität, welche von der Aufmerksamkeit auf die Feuerung des Kessels, von der erforderlichen Dampfmenge ꝛc. abhängt, weshalb ohne die sinnreichen Vorrichtungen, welche wir beschreiben wollen, eine große Unregelmäßigkeit in der Bewegung folgen würde. Aber nicht allein die Unregelmäßigkeit der bewegenden Kraft muß überwunden werden; eine weit bedeutendere Ursache der unregelmäßigen Bewegung ist in dem verschiedenen Widerstande zu suchen, dem die Maschine unterworfen ist. Eine Maschinenwelle hat an ihren verschiedenen Punkten oft sehr verschiedenartige Lasten zu überwinden, und in einem frühern Abschnitt des vorliegenden Bandes werden wir die Beschreibung von Mitteln finden, wie verschiedene Theile einer zu bewegenden Maschine ein- und ausgerückt oder zu gewissen Zeiten, außer Betrieb gesetzt werden, ohne daß die Bewegung der übrigen Theile, oder der als Agens wirkenden Maschine aufhört. Es entsteht daher ein sehr verschiedener Widerstand, welcher der Anwendung der Maschinerien zu der endlosen Verschiedenheit ihrer Benutzungen sehr nachtheilig sein würde, gäbe nicht die Mechanik durch das Schwungrad und den Regulator ein einfaches, aber bewundernswürdiges Mittel an die Hand, diesen Nachtheilen entgegen zu kommen.

Das Schwungrad besteht aus einem schweren metallenen Kranz, der mit einer Welle verbunden ist und der sich, mit der Maschine in Verbindung gebracht, mit derselben bewegt und zwar mit einer bedeutenden, nach der Beschaffenheit der von der Maschine zu leistenden Wirkung verschiedenen Geschwindigkeit. Das Moment oder die

Digitized by Google

Trägheit, die auf diese Weise angehäuft wird, ist so bedeutend, daß die Bewegung einer Maschine noch eine lange Zeit hindurch fortdauert, selbst wenn die ganze Betriebskraft von derselben ausgerückt ist, wie wir aus dem bereits auf Seite 10 angeführten Beispiele so deutlich ersahen. Das Schwungrad ist daher ganz besonders dazu geeignet, die geringern Unregelmäßigkeiten, von denen wir eben redeten, d. h. nicht allein der der Betriebskraft, sondern auch der des Widerstandes der Maschine und der Abänderung und Wechselwirkung derselben, auszugleichen. Auch zur temporären Anwendung bei sehr bedeutenden Widerständen, wie beim Walzen des Eisens ꝛc. ist es von zweckmäßiger Anwendung. In dem letztern Fall dient das Schwungrad nicht gänzlich als Regulator, sondern vielmehr als ein Vermehrer oder Anhäufer; denn ohne ein solches Magazin von Kraft, wie es liefert, würde die bloße Kraft der Maschine selbst nicht im Stande seyn, den verlangten Grad der Betriebskraft hervor zu bringen. Wirklich ist es ein unerläßlicher Anhang bei einer großen Anzahl von Maschinen, und es wird daher nothwendig sein, daß wir uns auch mit seiner Theorie beschäftigen, so wie wir schon weiter oben von seiner Construction gehandelt haben. Denn es ist einleuchtend, daß ein Rad von mehren Tonnen Gewicht und von großem, selbst 20 bis 30 Fuß betragenden Durchmesser, welches sich mit großer Geschwindigkeit umdreht, nicht allein aus sehr starken Materialien bestehen, sondern auch sehr fest zusammen verbunden und mit großer Geschicklichkeit und Sorgfalt angewendet werden muß, weil sonst die Centrifugalkraft und folglich auch der Druck des Kranzes auf die Arme den Zusammenhalt der Theile übersteigen, und das Rad durch seine eigene Kraft zerstören würde. Man hat mehre Beispiele der Art, bei denen Theile eines Schwungrades von sehr bedeutendem Gewicht mehre hundert Fuß weit weggeschleudert wurden.

Theoretische Untersuchung der Wirksamkeit des Schwungrades. — Um die Beschaffenheit und die Vortheile der Wirkungsart eines Schwungrades zu bestimmen, müssen wir die Frage in zwei Fälle trennen: 1) wenn die Betriebskraft constant, oder vielmehr stetig ist, wie bei dem Wasserrade oder der Windmühle; 2) wenn sie periodisch ist, wie bei den aufeinanderfolgenden Kolbenzügen einer Dampfmaschine. Stellen wir aber unsere Vergleiche lediglich mit der Anzahl der Umdrehungen oder der Züge an, und lassen wir daher die geringe Beschleunigung, welche während einer Umdrehung oder eines Zuges statt findet, unberücksichtigt, d. h. nehmen wir an, daß die Kraft per saltum oder stoßweise wirkt, so können wir beide Fälle zu einem vereinigen, und unsere Untersuchungen dadurch sehr vereinfachen.

Beschränken wir uns auf die Dampfmaschine, und lassen wir zuerst den Widerstand und die Friction der Theile unberücksichtigt, nehmen wir ferner an, daß das Schwungrad unmittelbar mit der Kurbelwelle verbunden sei, so ist es einleuchtend, daß jeder doppelte, d. h. sowohl auf- als niederwärts gehende Kolbenzug eine Umdrehung des Schwungrades veranlassen wird. Wenn daher l die Länge des Kolbenzuges in Fußen, r den Halbmesser des Rades in Fußen und $\pi = 3{,}1416$ bezeichnet, so werden die relativen Geschwindigkeiten der Peripherie des Rades und die des Kolbens sich wie πr zu l verhalten. Wird daher das Gewicht des Rades, von dem man annimmt, daß es gänzlich in dem Kranz angehäuft sei, mit w und der Druck auf dem Kolben mit p bezeichnet, so werden sich die relativen Momente wie $\pi r w$ zu $p l$ verhalten. Bei diesem Zustande der Frage würde übrigens eine stets steigende Beschleunigung statt finden; nicht wie bei der Schwerkraft, in jedem Augenblick, sondern bei jedem folgenden Zug des Kolbens der Dampfmaschine und bei jeder Umdrehung des Wasserrades oder der Windmühlenflügel zunehmend, weil wir keine Beschleunigung während der Umdrehung, sondern eine Zunahme bei jeder vollendeten Umdrehung annehmen. Nach dieser Ansicht des Gegenstandes muß sowohl die Geschwindigkeit des Kolbens, als auch die der Peripherie des Schwungrades fortwährend beschleunigt werden, indem sie stets dasselbe Verhältniß zu einander behalten, bis daß die Geschwindigkeit eines jeden so ist, wie es die Kraft der Maschine und der zu leistende Nutzeffect erfordern. Nachdem nun ein Widerstand angehängt worden ist, der gleich der Betriebskraft oder dem Kolbendruck ist, hört die Beschleunigung auf, und die Bewegung der Maschine fährt fort, bei dem Gleichbleiben von Betriebskraft und Widerstand stets dieselbe zu sein.

Um nun den Belang der an der Peripherie des Rades angehäuften Kraft zu bestimmen, haben wir nur das Verhältniß der beiden Momente, nämlich $lp : \pi r w$ zu betrachten, und wir haben zu ihrem Maaß $\frac{\pi rw}{lp}$; d. h. ein Stoß an der Peripherie des Rades würde den von dem Kolben gegebenen in dem Verhältniß von $1 : \frac{\pi rw}{lp}$ übersteigen. Wird aber ein Widerstand gegen die Bewegung des Rades angenommen, der näher an der Are liegt, so wird die Wirkung von dem Moment des Rades noch in dem Verhältniß steigen, als der Angriffspunkt näher an der Are liegt. Bezeichnet man daher die Entfernung mit d, so wird das Maaß von des Rades Wirkung $\frac{\pi r^2 w}{lpd}$ sein. Bei übrigens gleichen Umständen wird daher die zur Ueberwindung des Widerstandes erforderliche Kraft, sich wie r^2 verändern; und wenn alles Uebrige außer dem Gewichte constant ist, so wird sich seine Kraft wie w verhalten. Wenn man daher gesagt hat, es sei besser, den Halbmesser des Rades zu vermehren und das Gewicht zu vermindern, als das Gewicht zu vermehren und den Halbmesser beizubehalten, so ist dieß theoretisch richtig, aber praktisch falsch. Denn bei zunehmendem Halbmesser und gleichbleibendem Gewicht müssen wir die Dimensionen vermindern, während wir den Druck auf die Arme vermehren, so daß, wenn wir solch eine Regel befolgen, ohne diese Seite der Frage zu beantworten, unfehlbar die Zerstörung des Rades durch seine eigene Centrifugalkraft herbeigeführt werden würde, wodurch viele Menschenleben verloren gehen können. Solche Unglücksfälle sind vorgekommen, und wie viel derselben jenen theoretischen Doktrinen zuzuschreiben sein mögen, läßt sich nur schwer sagen. Es liegt vielleicht gänzlich innerhalb der Gränzen der Mathematik, bei gegebenem Gewicht und bei gegebener Geschwindigkeit des Rades die erforderlichen Dimensionen der Arme zu berechnen; allein der praktische

Digitized by Google

Mechaniker findet einen weit besseren Führer in den vorhandenen Maschinen von den besten Leistungen, und die im Allgemeinen das Resultat vieler Versuche und oft theuer erkaufter Erfahrungen ist.

Um die Verminderung der Geschwindigkeit des Schwungrades und folglich auch der Maschine, entweder wegen einer temporären Aufhebung der Betriebskraft, oder wegen eines temporär vermehrten Widerstandes, bestimmen zu können, müssen wir das Verhältniß zwischen den beiden Momenten betrachten. Wir wollen z. B. annehmen $lp : \pi wr = 1 : n$ und der Kolben, oder die Kurbel, durch welche er wirkt, vollendete seine Operation bei einem Zuge, d. h. unten oder oben im Cylinder angelangt, so ist es einleuchtend, daß ein Moment $= 1$, sich durch den Widerstand der Maschine verlieren und die Geschwindigkeit des Rades im Verhältniß von $1 : \frac{n-1}{n}$ oder wie $1 : \frac{\frac{\pi wr}{lp} - 1}{\pi wr}$,

oder wie $1 : \frac{\pi wr - lp}{\pi wr \times lp}$ vermindert werden würde. Wenn man nun weiter annimmt, daß die Unterbrechung der Wirksamkeit, statt während eines Kolbenzuges, während eines kleinen Theils von demselben stattfinde, wie es wirklich bei jedem einzelnen Zuge der Fall ist und daß diese Unterbrechung nur $^1/_n$ Theil von der Zeit betrage, in welcher der Zug gemacht worden ist, so wird der Wechsel in der Geschwindigkeit des Rades sich wie $1 : \frac{q^n - 1}{qn}$

verhalten, welches fast unmerklich ist, wenn das Product rw auch eine bedeutende Größe hat. Es ist nicht leicht, die Hemmung zu schätzen, welche die Geschwindigkeit durch einen temporären Widerstand erleidet, es ist in manchen Fällen unmöglich, einen Begriff von seinem Belang zu erlangen, so wie z. B. von dem Widerstande, den bei einem Walzwerke die Einführung des zu walzenden Eisens veranlaßt und mehre andere Fälle. Wir können daher hierbei nur durch die praktische Erfahrung geleitet werden. Ist aber der Widerstand von solcher Beschaffenheit, daß das ihm gleiche Moment ausgedrückt werden kann, so ist die Verminderung der Geschwindigkeit nach ähnlichen Prinzipien zu berechnen, als die der Unterbrechung der Betriebskraft, indem der dem Kolben mitgetheilte Widerstand wirklich solcher Unterbrechung gleich ist.

Wir haben jetzt angenommen, daß das Schwungrad mit der Kurbelwelle verbunden sei, um die Erläuterung seiner Wirkung zu vereinfachen; allein es ist offenbar dem Prinzip nach gleich und nur im Belang verschieden, wenn es mit einem andern Maschinentheil verbunden ist. Wir haben daher nur die relative Geschwindigkeit des Kolbens und des Schwungrad-Kranzes, die eine mit dem Druck auf den Kolben und die andere mit dem Gewicht des Rades zu multipliciren, um die relativen Momente zu erhalten, und daher kann die Berechnung auf die oben angegebene Weise angestellt werden. Wir wollen, z. B. annehmen, daß sich der Dampfmaschinenkolben mit einer Geschwindigkeit von $3^1/_2$ Fuß und der Kranz des Rades mit einer Geschwindigkeit von 8 Fuß in der Secunde bewege, daß der Druck auf den Kolben 3000 Pfund und das Gewicht

des Rades 10 Tonnen oder 22400 Pfund betrage und daß der Kolben während $^1/_{10}$ seines Zuges unwirksam sei.

Nach der obigen Bestimmung haben wir als Verhältniß der Momente $1 : \frac{22400 \times 8}{3000 \times 3^1/_2} = 1 : \frac{1792}{110}$ oder $1 : 16{,}3$ annähernd, und da $q = 1$, so haben wir $\frac{16{,}3 - 1}{1} = 16{,}2$, d. h. die Unregelmäßigkeit der Bewegung verhält sich wie 162 zu 163.

Weiter oben haben wir die Frage aufgestellt, ob es besser sei, den Halbmesser zu vergrößern und das Gewicht beizubehalten, oder das letztere zu erhöhen und den Halbmesser zu lassen, wenn das Moment des Rades erhöht werden soll. Wir haben gesehen, daß in dem erstern Fall eine gewisse Grenze nicht überschritten werden kann, wenn die Sicherheit nicht gefährdet werden soll. Denn bei erhöheter Geschwindigkeit würden sowohl die Arme als auch der Kranz selbst zerbrechen, und wollte man das Gewicht vermehren und den Halbmesser beibehalten, so würde die Welle mehr belastet und die Reibung vermehrt werden. Der geschickte Maschinenbauer wird daher weder das Eine noch das Andere wählen, sondern er wird es ohne Zweifel vorziehen, beides, sowohl das Gewicht als auch den Halbmesser, zu vermehren und dadurch die für die größere Geschwindigkeit verhältnißmäßig größere Stärke erlangen.

Es giebt auch noch einen andern Weg, das Moment zu vermehren, nämlich indem man dem Rade eine vermehrte Winkelgeschwindigkeit giebt; allein auch hier sind wir durch Berücksichtigung der Stärke beschränkt, denn ein Rad, welches nur die für eine Geschwindigkeit v geeigneten Dimensionen hat, würde zerstört werden, wenn wir ihm eine Geschwindigkeit 2v gäben, so daß wir nicht im Stande sind, diesem Prinzip nach Belieben zu folgen. Unglücklicher Weise ist es ganz unnütz, theoretische Regeln zur Bestimmung der Grenzen zu geben; praktische Resultate sind die besten Führer. Obgleich für den Mathematiker eine Demüthigung, so ist es doch nur zu wahr, daß seine vielumfassende Wissenschaft solche Fragen nicht zu beantworten vermag.

Wir haben daher drei verschiedene Wege, dasselbe Moment hervorzubringen; d. h. bezeichnet man die Winkelgeschwindigkeit eines Rades mit n, das Gewicht mit w und den Halbmesser mit r, so ist das Moment nwr, indem man eine jede von diesen Größen nach Belieben, innerhalb ausführbarer Grenzen, annimmt. Hin und wieder, wo es günstige Umstände gestatteten, sind Versuche angestellt, um in Fällen, in denen die numerischen Ausdrücke für das Moment dieselben waren, zu bestimmen, welches von den beiden verschiedenen Rädern den Vorzug verdient. Solch ein Versuch wurde z. B. in dem Königl. Schiffswerfte zu Portsmouth angestellt. Es waren daselbst zwei Schwungräder von gleichem Gewicht, allein von verschiedenen Halbmessern vorhanden, deren Winkelgeschwindigkeit übrigens in solchem Verhältniß stand, daß ihre Momente gleich waren. Das Resultat bestand darin, daß ein Rad zu einer Art von Arbeit besser paßte, als das andere. Obgleich beide Fälle mit gleichem numerischen Ausdruck bezeichnet werden, so sind sie doch in dem, was man die Intensität der Wirkung nennt, verschieden, und daher ist eine mathematische Erör-

Digitized by Google

terung dieser und anderer, praktisch sehr wichtiger Fragen, gänzlich unnütz.

Von den Regulatoren (governors). — Schon weiter oben haben wir die wichtigen Dienste beschrieben, welche das Schwungrad als Regulator der Geschwindigkeit einer Maschine leistet, so wie seine Wirkung als Verbesserungsmittel der Unregelmäßigkeiten, denen eine solche unterworfen ist. Seine Wirkung ist, wie wir gesehen haben, die eines Magazins von Kraft, so daß jede plötzliche Zu- oder Abnahme der Last, oder, was fast dasselbe ist, jede plötzliche Zu- oder Abnahme der Betriebskraft, wenn sie nur von kurzer Dauer ist, die Geschwindigkeit der Maschine nur wenig angreift. Dauern aber diese Veränderungen einige Zeit hindurch, so verliert das Schwungrad seine Wirkung und die Maschinerie erlangt eine beschlennigte oder gehemmte Geschwindigkeit. Um nun unter diesen Umständen eine vollkommene Gleichförmigkeit zu erlangen, ist es nothwendig, daß die Geschwindigkeit der Maschine den Ersatz der Betriebskraft in ihrer Gewalt hat, und es wird dieß auf eine bewunderungswürdige Weise durch eine sehr schöne Erfindung, durch den sogenannten Regulator, der aus einer oder aus mehren Kugeln besteht, die sich mit der Maschine umdrehen und durch die Wirkung der Centrifugalkraft sich mit verschiedener Geschwindigkeit in verschiedenen Lagen bewegen. Die auf diese Weise erlangte Bewegung wird durch verschiedene Maschinentheile fortgepflanzt, so daß sie auf den Zufluß der Betriebskraft, oder auf die Stärke des Widerstandes wirkt.

Ein nach dem letztern Prinzip eingerichteter Regulator wurde schon seit langer Zeit in England, unter dem Namen Lift tenter, bei den Windmühlen angewendet, um die unregelmäßige Wirkung des Windes, wodurch das Korn zu schnell durch die Steine getrieben wurde, ohne hinlänglich gemahlen worden zu sein, auszugleichen. Diese Maschine, mit einem Theil von dem Gerüst des Mühlsteins, mit welchem es verbunden worden, ist in Fig. 1, Taf. IV, dargestellt. Mit der Steinspindel sind vier Arme, aaaa, und mit dem hohlen Cylinder c, der lose über der Spindel gesteckt ist, sind vier ähnliche Arme, bbbb, verbunden. Die Pendel, dddd, sind an den Armen, aaaa, aufgehängt, die an ihren untern Enden Löcher haben, durch welche die Arme von dem losen Cylinder gehen. Wenn die Mühle in Ruhe ist, so hängen die Pendel senkrecht; wenn sie aber im Gange ist, so erlangen die Pendel mittelst der Centrifugalkraft eine schiefe Stellung und die Geschwindigkeit derselben nimmt verhältnißmäßig zu und hebt verhältnißmäßig den losen Cylinder c. Dieser wirkt auf das eine Ende eines Hebels, der mit dem Nagel in Verbindung steht, auf welchem die Brücke der Steinspindel ruhet, und drückt den obern Mühlstein nieder, so wie der Wind stark wird, so daß das Korn in allen Fällen gehörig gemahlen wird und zu gleicher Zeit die Bewegung des Steins einen größern Widerstand erleidet. Auf diese Weise wird die Geschwindigkeit der Mühle zum großen Theil ausgeglichen.

Die einfachste Form des neuern Regulators (von dem Engländer Watt erfunden und nach ihm Watt'scher Regulator, oder auch konisches Pendel benannt) ist in Fig. 2 dargestellt. AA ist eine senkrechte Spindel, welche sich mittelst der Maschinerie fortwährend umdreht. Bei a

sind durch ein Gelenk zwei Arme oder Pendel angebracht, und an jedem Ende eines jeden ist eine schwere metallene Kugel, b, vorhanden. Von den Pendeln laufen zwei Eisenstangen, dd, nach einem Ringe e, und sind mit beiden durch Gelenke verbunden. Der Ring ist auf der Spindel auf und nieder zu schieben und hat einen Hals ringsum, welche das Ende einer Gabel D aufnimmt. Das Steigen und Fallen des Ringes mit der Gabel, veranlaßt dieselbe Bewegung bei dem Hebel D, der durch andere Hebel wirkt und nach der Beschaffenheit der Maschine die Ergänzung des treibenden Agens, sei es Dampf oder Wasser, regulirt.

Von der Uebertragung und Verwandlung der Bewegung.

Gehen wir darauf zurück, was wir schon von den Wirkungen der Betriebskräfte gesagt haben, so scheint es, daß dieselbe stets geradlinigt sei; allein wenn sie tangentiel auf die Peripherie eines Kreises wirken, so bringen sie unmittelbar eine rotirende Bewegung hervor, und bei der Anwendung der auf diese Weise erlangten Betriebskräfte wird es nothwendig, die Wirkung mittelst eines sogenannten Zwischengeschirres, oder vermittelnder Maschinentheile, andern Maschinentheilen mitzutheilen. Es ist daher erforderlich, daß eine geradlinigte Bewegung eine andere dergleichen hervorbringe, welche entweder dieselbe oder eine andere Richtung und gleiche, oder steigende oder verminderte Geschwindigkeit hat. Auf gleiche Weise muß eine rotirende Bewegung zuweilen eine andere rotirende, entweder in derselben, oder in einer entgegengesetzten Richtung, und mit steigender oder verminderter Geschwindigkeit hervorbringen. In andern Fällen soll eine geradlinigte Bewegung in eine kreisförmige, und eine kreisförmige in eine geradlinigte verwandelt werden; sowohl geradlinigte als rotirende sollen eine stete Bewegung hervorbringen und diese eine abwechselnd wiederkehrende ꝛc.

Die verschiedenen Wege beschreiben zu wollen, mittelst denen diese verschiedenen Wirkungen hervorgebracht worden sind, hieße fast jede Art von Maschinen, die je erfunden worden ist, untersuchen und würde sehr ungeeignet für diesen Ort sein.* Unser Zweck ist hier nur der, die einfachern Mittel zu erläutern, welche dazu angewendet werden, um den von der Betriebskraft unmittelbar bewegten Maschinentheil mit dem wirkenden zu verbinden. Uebrigens wird man einsehen, daß die große Verschiedenheit von Vorrichtungen, mittelst denen die Richtung der Bewegung bei den Fabrikations-Prozessen verändert wird, alle die kleinen Einzelnheiten derjenigen Operationen, welche der Scharfsinn der Mechaniker für besondere Zwecke ersonnen hat, am besten einzeln, so wie sie bei der Beschreibung der verschiedenen Maschinen und Verfahrungsarten vorkommen, beschrieben werden können, und dieß wird denn auch in den verschiedenen Abtheilungen des Werkes geschehen.

Die Verwandlung der Richtung der geradlinigten Bewegung, entweder mit steigender oder mit verminderter Geschwindigkeit, wird im Allgemeinen durch Rollen oder Scheiben bewirkt und ist zu bekannt, um noch einer Erläuterung zu bedürfen.

---

* Wir verweisen deßhalb auf Lanz und Betancourt Versuch über die Zusammensetzung der Maschinen. A. d. Franz. von Kreyher. Berlin 1829.

Digitized by Google

Eine stetige geradlinigte Bewegung wird mittelst eines niedergehenden Gewichts, welches mit dem Ende einer, um eine Walze oder Trommel gehenden Schnur verbunden ist, in eine kreisförmige verwandelt, wie es bei einer Uhr der Fall ist. Die Wirkung des Windes auf die Segel einer Windmühle, die des Wassers auf die Schaufeln eines unterschlächtigen Wasserrades sind andere Beispiele dieser Art, welche hier keiner weitern Erläuterung bedürfen.

Eine abwechselnde geradlinigte Bewegung in eine kreisförmige stete zu verwandeln. — Dieß ist eine Frage von großer Wichtigkeit in der praktischen Mechanik. Gewöhnlich geschieht diese Umwandlung mittelst einer Kurbel; jedoch werden dazu auch noch einige andere Mittel angewendet, welche wir demnächst kennen lernen werden.

Von der Kurbel (Krummzapfen, crank). — Es sei erforderlich, dem Rade ABCD, Fig. 3, Taf. IV, mittelst einer abwechselnd senkrechten Bewegung der Stange QF, eine rotirende Bewegung um seinen Mittelpunkt O, zu ertheilen. Man nehme an, daß sich die senkrechte Stange QF frei um einen Nagel an ihrem obern Ende und auch bei F, an irgend einem Punkte des Rades ABCD, um einen solchen bewege, oder daß es, wie in vorliegender Figur, mit der Warze einer Kurbel verbunden sei. Beide Enden haben daher eine freie Bewegnug. Nun ist es einleuchtend, daß während der Punkt Q in die Höhe steigt, er den Hebel FO so lange in die Höhe ziehen wird, bis daß der Punkt F senkrecht ist und daher eine Bewegung des Rades veranlassen muß. In diesem Augenblick beginnt der Niedergang der Stange QF und stößt den Hebel oder die Kurbel, bis sie abermals einen senkrechten Stand erreicht hat und zwar unten bei E. Daranf beginnt die Stange QF wieder in die Höhe zu gehen und zieht die Kurbel mit sich empor und ertheilt auf diese Weise dem Rade eine stete Umdrehung. Es ist einleuchtend, daß die Stange QF an den beiden senkrechten Punkten E und G keine mechanische Wirkung habe; allein die von dem Rade durch seine vorhergehende Bewegung erlangte Trägheit führt sie über diese todten Punkte weg und die Umdrehung wird stetig.

Es ist ferner einleuchtend, daß die Wirkung an verschiedenen Punkten der Peripherie verschieden ist, und daß folglich das Rad ungleich vorwärts getrieben wird, weshalb das weiter oben beschriebene Schwungrad bei der Ausgleichung aller dieser Unregelmäßigkeiten große Dienste leistet.

Um die tangentiel auf das Rad an irgend einem Punkte der Umdrehung ausgeübte Wirkung zu verfolgen, stelle CB, Fig. 4, die senkrechte Linie vor, auf welche der Hebel wirkt, und D die Stellung der Kurbel an irgend einem Punkte der Umdrehnug. Es bezeichne a den Winkel DCo, d. h. den Winkel der Neigung der Kurbelstange, wenn die Kurbel bei D steht; es bezeichne ferner c den Winkel DoE der Stellung der Kurbel und P die senkrechte Kraft der Stange. Man löse P in die beiden Kräfte CD und DG auf, von denen erstere CD = P sec. a ist. Man ziehe DF senkrecht auf Do und fälle CF senkrecht auf DF, so wird FD die Tangentialkraft bei D darstellen.

Da CF und Do parallel sind, DCF = (a + b), so haben wir:

Kraft in DF = P sec. a sin. (a + c) oder Kraft in DF = P (sin. a cos. c + sin. c cos. a) sec. a.

Um den sin. und den cos. des Winkels a zu finden, verhalte sich die Länge der Stange CD zu dem Radius oD = n : 1. Da nun DG beiden Dreiecken gemeinschaftlich ist, so ist sin. c = n sin. a oder sin. a = $\frac{\text{sin. c}}{n}$

und cos. a = $\sqrt{\left(1 - \frac{\text{sin.}^2\,c}{n^2}\right)} = \frac{\sqrt{(n^2 - \text{sin.}^2\,c)}}{n}$

Nachdem diese Substitutionen gemacht worden sind, erhalten wir die Kraft DF = P sin. c $\left\{\frac{\text{cos. c}}{\sqrt{n^2 - \text{sin.}^2\,c}} + 1\right\}$,

welcher Ausdruck leicht in Zahlen zu verwandeln ist.

Auf einem ähnlichen Wege finden wir auch die nachträgliche Belastung des Wellzapfens und folglich auch die Friction gleich

$$P\left\{\text{cos. c} \mp \frac{\text{sin.}^2\,c}{\sqrt{(n^2 - \text{sin.}^2\,c)}}\right\}.$$

Das untere Zeichen wird gebraucht, nachdem die Stange eine Tangente des Kreises geworden ist, d. h. wenn CF auf die andere Seite von CD fällt, und das untere Zeichen für die in der Figur dargestellte Stellung.

Die folgende Tabelle ist von Herrn Tredgold berechnet worden und zeigt die veränderliche Kraft der Kurbel an verschiedenen Punkten seiner Rotation. Die Länge des Kurbelarms ist = 1, die Länge der Kurbelstange = 2, 3, 4 u. s. w. bis 7 angenommen, und die Kräfte in der Tangente sind für jeden Fall, unter verschiedenen Winkeln von 0 bis 180°, berechnet worden.

Tabelle
über die Veränderungen der Kraft der Kurbel nach der Formel:

$$\text{Kraft} = P \text{ sin. c}\left(\frac{\text{cos. c}}{\sqrt{n^2 - \text{sin.}^2\,c}} + 1\right);$$

P als die Einheit betrachtet.

Theil des beschriebenen Zuges, den ganzen als Einheit angenommen	Grade u. s. w.	Zahl der von der Kurbel beschriebenen	Länge der Kurbelstange l, ausgedrückt durch Längen der Kurbel r.						Belastung der Welle, wenn l = 6r
			l = 2r	l = 3r	l = 4r	l = 5r	l = 6r	l = 7r	
0,000	0°		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000
0,076	30		0,72	0,65	0,61	0,59	0,57	0,56	0,825
0,146	45		0,97	0,87	0,83	0,80	0,78	0,77	0,624
0,250	60		1,10	1,01	0,98	0,95	0,94	0,93	0,375
0,500	90		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,169
0,750	120		0,62	0,75	0,75	0,78	0,79	0,80	0,625
0,854	135		0,43	0,57	0,57	0,60	0,62	0,63	0,790
0,933	150		0,27	0,39	0,39	0,42	0,43	0,44	0,907
1,000	180		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,000

Die Wirkung eines Mannes an der Winde oder dem Haspel ist dem Obigen ähnlich. Die Anstrengung eines

Digitized by Google

Menschen besteht in diesem Falle in Ziehen und Stoßen, und kann gewissermaßen mit der ziehenden und stoßenden Kraft der Kurbelstange bei dem obigen Beispiel verglichen werden. Gewöhnlich werden bei dem Haspel doppelte Kurbeln angewendet, die einander im Allgemeinen diametrisch gegenüber liegen; allein da dieß die schwachen Punkte beider Kurbeln zu gleicher Zeit heranbringt, so stellt man die Kurbeln besser rechtwinklig gegen einander. Die beste Länge einer Kurbel für einen Menschen beträgt 16 Zoll.

Eine andere Methode, eine abwechselnd geradlinigte oder senkrechte Bewegung in eine rotirende umzuändern, ist in Fig. 5 dargestellt. Man nennt diese Vorrichtung das Sonnen- und Planeten-Rad (sun and planet wheel). Ein Stirnrad A ist central mit dem großen Rade verbunden, dem die rotirende Bewegung mitgetheilt werden soll; B ist ein anderes Stirnrad, welches fest mit dem Ende einer senkrechten Stange CC verbunden ist, so daß es sich nicht umdrehen kann; beide Räder sind auch noch durch ein starkes Gelenk mit einander verbunden, so daß sie sich nicht trennen können. Soll nun die Welle D in der Richtung der Pfeile gedrehet werden, so ist es klar, daß sich das Rad B in derselben Richtung rings um das Rad A bewegen und die Stange CC so lange heben muß, bis das Rad B an dem obern Punkte des Rades A angelangt ist, worauf durch Fortsetzung der Bewegung des großen Rades, das Rad B nothwendig wieder zu seiner ersten Stellung hinabgehen muß, und so fort. Auf diese Weise wird eine drehende Bewegung in eine senkrechte umgeändert; welches wir hier der deutlichern Erklärung wegen annehmen, obwohl die Wirkung gerade die entgegengesetzte ist. Es wird nämlich da, wo man diese Vorrichtung anwendet (welches aber jetzt nur noch selten der Fall ist, da sie fast überall durch die weit einfachere Kurbel ersetzt worden), die Stange CC von dem Balancier der Dampfmaschine in Bewegung gesetzt, woraus nothwendig folgt, daß dem Rade A und dem damit verbundenen Schwungrade eine rotirende Bewegung mitgetheilt werden muß.

Eine kreisförmige Bewegung wird in eine andere kreisförmige Bewegung, nach derselben, oder nach andern Richtungen, auf sehr verschiedene Weise, mit oder ohne Veränderung der Geschwindigkeit, mitgetheilt, nämlich durch Bänder, oder Riemen und Seile, durch Räder und Getriebe und durch Winkelräder; allein es sind diese Vorrichtungen im Allgemeinen so einfach und so gewöhnlich, daß sie ein Jeder kennt, und wir wählen daher nur einige wenige Beispiele, und zwar nur solche, bei denen eine Veränderung der Richtung oder der Geschwindigkeit stattfindet.*

Durch Bänder oder Riemen. — Eine sehr einleuchtende und vielleicht die früheste Methode, rotirende Bewegung mit oder ohne Veränderung der Geschwindigkeit fortzupflanzen, ist die durch Bänder oder Riemen, von der wir viele Beispiele haben. Fig. 6 zeigt eine Bewegung dieser Art, bei welcher mittelst einer Reihe von Scheiben oder Rinnen in einer Rolle, die mit andern in einer andern ähnlichen correspondiren, bei stets gleichbleibender Länge des Riemens oder der Schnur eine sehr verschiedene

* Ueber eine neue Fortpflanzungsmethode der Bewegung mittelst Eisendrähten, s. Dingler's Journ. Bd. 64, S. 273 ꝛc.

Geschwindigkeit erlangt werden kann, indem man das Band blos auf die benachbarten Scheiben, oder in die benachbarten Rinnen zu schieben braucht.

Winkelräder gewähren auch eine Methode, die Richtung der Bewegung von einer Linie zu der andern, unter irgend einem Winkel zu verändern. Wir verweisen auf das, was wir schon weiter oben über die Winkelräder gesagt haben, und auch auf Fig. 2, Taf. IV.

Abgestumpfte und gegenseitig in eine umgekehrte Richtung gestellte Kegel werden auch zuweilen zur Veränderung der Geschwindigkeit angewendet, wenn sie nach und nach und gleichförmig beschleunigt erfolgen soll. Hierbei bewegt ein Kegel A, Fig. 7, einen andern B, mittelst eines Bandes, das längs der Oberfläche beider durch einen Führer geschoben wird, wodurch die Bewegung nach Belieben beschleunigt oder gehemmt, oder constant erhalten, letzteres, indem der Führer an derselben Stelle erhalten wird.

Eine andere Methode, die Geschwindigkeit zu wechseln, ist in Fig. 8 dargestellt worden. Die beiden Räder A und B sind an einer und derselben Welle, etwas von einander entfernt, befestigt; die andern beiden Räder C und D sind zusammen gegossen oder aneinander geschroben und können auf ihrer Welle etwas hin und her geschoben werden. Wenn CD auf seiner Welle etwas zurück geschoben wird, so greifen die Zähne von C in die von A, während die von B aus den Zähnen des Rades D gerückt werden, und eine gewisse Geschwindigkeit ist das Resultat dieser Operation. Schiebt man dagegen das Rad C vorwärts, so greifen die Zähne des Rades B in die von D, und es entsteht ganz natürlich eine gänzlich verschiedene Geschwindigkeit.

Die Verwandlung einer steten kreisförmigen Bewegung in eine abwechselnd geradlinigte kann offenbar dadurch bewirkt werden, daß man die bereits beschriebenen Methoden, eine abwechselnd geradlinigte Bewegung in eine stete kreisförmige umzuändern, gerade umkehrt; allein in der Praxis werden diese Methoden gewöhnlich nicht angewendet. Die folgenden beiden Arten sind zuweilen, so wie es die Umstände erforderten, entweder auf die eine oder die andere Weise benutzt. Wir reden hier von denselben als von einem Mittel, eine rotirende in eine abwechselnd geradlinigte Bewegung umzuändern.

Man denke sich ein Getriebe A, Fig. 9, welches das Rad BB′ bewegt, das seinerseits dem ganz gleichen Rade CC′ Bewegung mittheilt. Mit den Wellen dieser Räder, über die Zapfenlager LL hinaus, sind die Kurbeln DD′ verbunden und an ihren Warzen sitzen die Kurbelstangen GG′, welche sich vollkommen frei bewegen und mit der Querstange HH verbunden sind, in deren Mitte die Stange J, welcher die senkrechte Bewegung ertheilt werden soll, befindlich ist. Nun ist es einleuchtend, daß wenn das Getriebe A, nach der Richtung des Pfeiles, in eine rotirende Bewegung gesetzt wird, die Bewegung der beiden Räder und der Kurbeln DD′ in der Richtung stattfinden wird, welche die Pfeile zwischen B und C zeigen und wodurch die Enden DD′ der Arme nach B und C und dann nach B′ C′ geführt und auf diese Weise durch das abwechselnde Schließen und Oeffnen der beiden Punkte DD′, so wie durch ihren Auf- und Niedergang der Stange J eine vollkommen geradlinigte Bewegung ertheilt wird.

Digitized by Google

Eine andere Methode besteht darin, daß das Rad AB, Fig. 10, mit einer innern Verzahnung an seinem Platze befestigt wird, und daß sich innerhalb desselben das innere Rad CD, mit äußern Zähnen und mit der halben Größe des festen Rades, umdreht. An dem Kranz des kleinen Rades ist ein genau abgedrehter Stift angebracht; durch die Umdrehung des Rades geht der Stift in dem Durchmesser des großen Rades senkrecht auf und nieder und ertheilt daher einer jeden, mit demselben verbundenen Stange dieselbe senkrechte oder geradlinigte Bewegung. Das Resultat dieser Operation ist nicht so einleuchtend, wie in dem vorhergehenden Fall, weshalb es nicht unzweckmäßig sein wird, dem Leser einen kurzen geometrischen Beweis von der Wahrheit des Satzes zu geben.

Es stelle adf, Fig. 11, das feste Rad und ac, b′c das innere, sich drehende Rad in zwei Stellungen vor, von denen die erstere die am Ende des senkrechten Durchmessers ad des großen Rades ist. Es soll nun gezeigt werden, daß, wenn das kleine Rad irgend eine andere Stellung, b′c, annimmt, der Punkt a an seiner Peripherie stets in dem Durchmesser ad liegen wird. Um dieß nun zu beweisen, ist nur zu zeigen nöthig, daß der Bogen b′a′ in der zweiten Stellung, zwischen b′ und der senkrechten Linie ad durchschnitten, stets gleich dem Bogen b′a des größern Kreises ist. Man nehme oo′ als die Mittelpunkte des Kreises in den beiden Stellungen an, verbinde b′c, b′o, a′o′, so ist es einleuchtend, daß ba = b′a′ und daß der Winkel boa = dem Winkel b′o′a′ = 2b′ca, weil ein Winkel am Mittelpunkt doppelt so groß, als ein Winkel an der Peripherie ist. Nun verhält sich aber die Länge der Kreisbogens, wie die dazu gehörigen Winkel, multiplicirt mit ihren Radien. Da nun der Winkel der größern Peripherie die Hälfte von dem der kleinern beträgt, aber ihr Radius doppelt so groß ist, als der der kleinern, so sind sich die Winkel selbst gleich, d. h. in allen Stellungen ist b′a′ = ba und folglich liegt der Punkt a stets in der Senkrechten ad.

Wir wenden uns nun zu einer andern Reihe von Capiteln, in denen von der Gestalt und Construction der Maschinen geredet werden wird. In dem vorhergehenden Capitel beschäftigten wir uns mit den Grundsätzen der Construction der verschiedenen Theile der Maschinen, und es bleibt uns daher ihre Combination zu erläutern übrig, d. h. wir haben nun die Art und Weise zu erklären, nach welcher die verschiedenen Kräfte in den Stand gesetzt werden, eine rotirende Bewegung hervor zu bringen. Jedoch schließen wir jetzt von unsern Untersuchungen die Wirkungen oder die von den einfachen Maschinen auszuführenden Arbeiten, gänzlich aus. Eine Windmühle z. B. wird nach gleichen Prinzipien gebauet, sie mag nun den Zweck haben, Wasser zu pumpen oder Korn zu mahlen, und dasselbe läßt sich von den Wasserrädern, von den Pferdegöpeln, von den Treträdern, oder von den Dampfmaschinen sagen. Alle werden als erste Beweger, zur Hervorbringung einer Rotation benutzt, die dann weiter zur Bewegung jeder Maschine, oder zu irgend einem Fabricationsprozeß, zu welchem ihre Kraft zureichend ist, angewendet werden kann.

Wir handeln daher in den folgenden Capiteln von der Handmühle, von dem Tretrade, von dem Pferdegöpel, von der Windmühle, von den Wasserrädern, von der Wassersäulenmaschine und von der Dampfmaschine.

Viertes Capitel.

Von der Bewegung der Maschinen durch Menschen- und Thierkräfte.*

Die Handmühle gehört zu den sehr alten Maschinen und wird jetzt kaum noch zum Mahlen des Korns angewendet. Wir begnügen uns daher, die Vorrichtung nur ganz kurz zu beschreiben, indem wir auf Fig. 1, Taf. V, verweisen. AB ist ein starkes hölzernes Gerüst; W ein Kammrad, dessen Wellzapfen in den Zapfenlagern PP liegen. Das Rad wird durch die Kurbel E bewegt und dessen Kammen greifen in den Drehling T, an dessen Spindel der obere Mühlstein oder der Läufer sitzt, den die Figur nicht zeigt, da beide Steine von dem Kasten C umschlossen sind. Das Korn wird in den Rumpf H geschüttet, aus welchem es zu den Steinen gelangt, und das gemahlene Schrot läuft durch D ab.

Man benutzt die Handmühlen zu verschiedenen häuslichen Zwecken, auch wenden sie die Krämer zum Mahlen des Kaffees, zum Pulverisiren des Zuckers und mehrer anderer Droguen an. Mehre andere, durch Menschenkräfte in Bewegung gesetzte Mühlen, welche dieselbe Wirkung wie die vorstehende haben, sollen im Verlauf des Werks bei den verschiedenen mechanischen und Fabrikationsprozessen beschrieben werden, und vorzüglich verweisen wir auf Rustals Handmühle zum Kornmahlen unter dem Artikel Kornmühle.

Das Tretrad (Tread-mill). — Der Nutzen dieser Maschine hängt weit mehr von dem Zweck ab, den man damit zu erreichen sucht, als von irgend einem wesentlichen Werth, den sie als eine mechanische Construction besitzt. Wir sahen schon im Capitel, daß es unmöglich sei, Menschenkräfte als Betriebskräfte für Maschinen mit Vortheil anzuwenden, und dieß gilt auch von dem Tretrade; allein man muß es aus einem höhern Gesichtspunkte betrachten, indem es ein Correctionsmittel für die Gefangenen in Zuchthäusern und Zwangsarbeitsanstalten ist, welche es für eine große Strafe ansehen, arbeiten zu müssen.

* Nach Barlow's Werk bearbeitet.

Digitized by Google

Die gewöhnliche Gestalt dieser Maschine ist die eines langen Rades von 8 bis 10 und selbst bis 20 oder noch mehr Fußen Länge, und gewöhnlich sind mehre derselben durch Kuppelung mit einander verbunden. Der gewöhnliche Durchmesser beträgt 5 Fuß. Auf der Peripherie sind 24 Leisten angebracht, von denen also jede 8 Zoll von der andern entfernt ist, und die breit genug sind, daß ein Fuß darauf stehen kann. Zuweilen sind die Zwischenräume zwischen den Leisten oder Tritten offen, so daß die Luft durchziehen kann, und zuweilen sind sie mit Brettern verschlossen. Jedes Rad hat an beiden Enden Zapfen, die auf Lagern ruhen, und zwischen zwei benachbarten ist, wie schon bemerkt, gewöhnlich eine Kuppelung angebracht. Die Anzahl der Personen, die an einem Rade arbeiten, hängt natürlich von dessen Länge ab. Bei einem langen verkuppelten Rade muß die Umdrehungsgeschwindigkeit natürlich überall dieselbe sein; allein mittelst größerer Relais in einer Klasse, als in der andern, kann der Grad der Arbeit modificirt werden, oder man giebt den Rädern, an denen Knaben und Weiber arbeiten, einen geringern Durchmesser, so daß sie bei jedem Schritt verhältnißmäßig weniger steigen. Gewöhnlich ist der Raum von der Mitte des Rades aufwärts, mit Brettern zugeschlagen, so daß der untere Theil offen bleibt und sich die Tritte den Gefangenen darbieten. Diese bleiben ungefähr eine halbe Stunde auf dem Rade und jeder wird einzeln abgelößt, und sie werden es nicht zusammen, wie es früher gewöhnlich geschah.

Die Construction der Maschine ist so einfach, daß eine Abbildung derselben kaum erforderlich ist; wir haben aber in Fig. 2, Taf. V, eine perspectivische Ansicht von einem solchen, aus drei Abtheilungen bestehenden Rade mitgetheilt. Es liegt 8 bis 10 Fuß über dem Niveau des Hofes von dem Gefangenhause, unter einem Schuppen. Diese Erhöhung ist zu empfehlen, damit die arbeitenden Gefangenen mehr Luft erhalten. Jedes Rad ist ungefähr 18 bis 20 Fuß lang und von dem benachbarten durch einen Zwischenraum von ungefähr 2 Fuß getrennt. An jedem Ende und zwischen je zwei Rädern ist eine kleine Treppe angebracht, auf der die Gefangenen zu dem Rade emporsteigen. An der Bretterwand über der obern Hälfte des Rades ist eine Stange angebracht, an welcher sich die Arbeiter mit den Händen halten.

Die Ordnung bei dem Arbeiten am Tretrade ist folgende: jedes Rad kann 10 bis 12 Gefangene aufnehmen und 15 bis 18 derselben machen einen Gang, indem 12 davon die Treppe an dem rechten Ende des Rades aufsteigen und sich nacheinander rechts bewegen, bis daß ein Jeder an seinem Platz ist; die übrigen 6 setzen sich vor dem Rade nieder. Das Tretrad wird nun durch das Gewicht der auf den Latten stehenden Menschen in Bewegung gesetzt, und mittelst eines Regulators wird seine Geschwindigkeit so eingerichtet, daß es ungefähr zwei Umdrehungen in der Minute macht. Nach sechs Umdrehungen, oder nach drei Minuten, steigt der Mann an dem linken Ende des Rades mittelst der an demselben befindlichen Treppe herab und von den übrigen bewegt sich Jeder einen Platz links, so daß rechts Platz für einen Mann bleibt, den sogleich einer von den Ruhenden einnimmt. Nach andern drei Minuten steigt dieser am linken Ende des Rades ebenfalls herab, die Leute bewegen sich jeder einen Mann links und

am rechten Ende steigt ein anderer Ruhender auf und so fort während der ganzen Zeit, daß das Rad in Bewegung ist.

Auf diese Weise ruhet jeder Mann achtzehn Minuten und arbeitet sechsunddreißig, oder wenn nur zehn Mann auf einem Rade sind, so arbeitet Jeder nur eine halbe und ruhet eine viertel Stunde. Wechselt man aber mit der Zahl der ruhenden oder arbeitenden Menschen, so kann das Verhältniß der Arbeits- und der Ruhezeit in jedem Verhältniß verändert werden. Während der ganzen Arbeitszeit findet das strengste Stillschweigen statt.

Die Bewegung der Räder wird durch Winkel- und Stirnräder bis dahin fortgepflanzt, wo die Kraft zum Betriebe von Kornmühlen, zum Pumpen, oder zu irgend einem andern Zweck benutzt werden soll. Es wird auch durch das Räderwerk der Regulator der Maschine in Bewegung gesetzt, mittelst dessen die Geschwindigkeit regulirt wird, indem er auf eine Bremse oder einen ähnlichen Apparat wirkt, der angezogen wird, wenn das Rad zu schnell umgeht, und losgelassen, wenn es sich zu langsam bewegt.

Die Construction der Treträder ist, wie schon bemerkt, sehr einfach. Sie bestehen aus einer langen eisernen Welle, auf welcher (je nach der Länge) drei oder vier gußeiserne Scheiben von ungefähr 3 ½ Fuß Durchmesser befestigt werden. An der Peripherie dieser Scheiben sind 24 Einschnitte von ungefähr acht Zoll Länge, zur Aufnahme der Latten oder Bretter, die als Tritte dienen, vorhanden. Durch Schrauben werden letztere mit den Scheiben verbunden.

Was nun die Wirksamkeit eines Tretrades als Betriebskraft betrifft, so sahen wir schon weiter oben, daß das Maximum der Arbeit eines Mannes darin besteht, sein eigenes Gewicht täglich ungefähr 12000 Fuß hoch zu heben. Nimmt man nun das Gewicht eines Mannes zu 150 Pfund an, so beträgt das Tagewerk 1,800,000 Pfund, 1 Fuß hoch, oder rechnet man acht Arbeitsstunden, 225,000 Pfund in der Stunde, oder 3750 Pfund in der Minute und dieß ist das Maximum der Leistung und die an dem Angriffspunkt angewendete Kraft. Eine Verminderung erleidet aber die Betriebskraft dadurch, daß sich die Gefangenen auf den Handgriff stützen und den Körper in die Höhe ziehen, wie es der Fall ist, wenn eine Person eine Treppe hinansteigt. Das Tretrad ist daher durchaus nicht geeignet, die ganze Kraft des Menschen anzuwenden.

Die Roßmühlen oder Pferdegöpel. — Wir sahen bereits im ersten Capitel des vorliegenden Werks, daß die Anwendung der Pferde als Betriebskraft für Maschinen im Vergleich zu dem Winde, Wasser und Dampf, sowohl in Beziehung auf die Kosten, als auf die Bequemlichkeit, sehr unvortheilhaft erscheint, wenn jene Kräfte angewendet werden können und wenn die zur Ausführung einer Arbeit erforderliche Anzahl von Pferden sehr bedeutend ist. Es kommen aber in dem Fabrikenwesen viele Prozesse vor, zu denen nur die Kraft von einem oder von zwei Pferden erforderlich ist, und dabei hat die Roßmühle vielleicht noch einen Vorzug vor der Dampfmaschine von geringer Kraft, besonders wenn die Arbeit nicht anhaltend zu sein braucht. Wir haben aber hier nicht die Prozesse zu beschreiben nöthig, welche durch die Kraft der Roßmühle ausgeführt werden, sondern wir brauchen nur die Art ihrer Wirkung und wie man dadurch eine rotirende Bewegung erlangt, zu

Digitized by Google

zeigen. Die hauptsächlichste Verschiedenheit in der Art und Weise, Bewegung durch eine Mühle dieser Art mitzutheilen, bestehet darin, daß bei einigen das große Kamm- oder Winkelrad, welches die erste Bewegung ertheilt, oben an der Welle, und bei andern, bei denen die Betriebskraft unter der Rennbahn der Pferde fortgeflanzt werden soll, dasselbe unten angebracht ist. Beide Fälle sind in den Figuren 3, 4, 5 und 6, Taf. V, dargestellt. Eine andere Art von Roßmühlen hat neuerlich der Fabrikant d'Heureuse in Berlin erfunden und eingeführt.* Sie gewähren den Vorzug, wenig Platz und wenig Anlagekosten zu bedürfen; allein sie sind nur dann gut anwendbar, wenn man eine oder zwei Pferdekräfte nöthig hat. Sie sind nach dem Prinzip der Treträder eingerichtet. Die Pferde sind hinten an einen Balken gespannt und stehen auf zwei Walzen oder Trommeln von 4 Fuß Durchmesser. Diese bestehen entweder aus Gußeisen oder aus Holz und haben eine geriffte Oberfläche. Das Pferd kommt mit den Hinterfüßen oben auf die Mitte der einen, und mit den Vorderfüßen eben so auf die zweite Trommel zu stehen und wird, wie bemerkt, an die Pfosten des Gestelles gespannt. Sobald es sich nun ins Geschirr legt und zu ziehen beginnt, wird seine Zugkraft, da das Gestelle nicht nachgeben kann, auf die Trommeln, die seine Bahn bilden, wirksam, und es äußert sich diese an den angelegten Triebwerken eben so, als wenn man sie zum Fortbewegen einer Last angewendet haben würde. An jede Trommel ist ein Stirnrad befestigt, die ein drittes bewegen, welches dann die Triebkraft auf beliebige Weise fortpflanzt.

Zur Bewegung landwirthschaftlicher Maschinen durch Thierkräfte, wendet man auch oft die der Ochsen an, jedoch immer seltner als Pferde.

Durch die runde Rennbahn, auf der sich die Pferde bei den gewöhnlichen Roßmühlen oder Pferdegöpeln bewegen, wird ihre Zugkraft, gegen eine geradlinigte Bewegung etwas vermindert; allein es ist schwierig, den Belang dieser Verminderung zu bestimmen. Der Regel nach darf der Durchmesser der Rennbahn nicht geringer als 18 Fuß sein.

* Anleitung zum Bau der Roßmühlen mit Stufenwalzen. Berlin 1834.

Fünftes Capitel.

Von den Windmühlen.**

Wind ist die wohlfeilste unter den bewegenden Kräften; auch ist seine Kraft gewissermaßen unbeschränkt; allein seine Wirkung ist so unregelmäßig und so unregulirbar, so daß er, außer zum Mahlen von Korn und zum Wasserpumpen, nur wenig benutzt werden kann.

Unter der Benennung Windmühle versteht man gewöhnlich eine Kornmühle. Wir handeln aber hier nur in Beziehung auf erste bewegende Kraft für Maschinen von derselben, und beschreiben daher nur diejenigen Theile, die zur Erreichung einer kreisförmigen Bewegung erforderlich sind, mag die Anwendung der Kraft zu irgend einem Zweck, zu welchem Regelmäßigkeit nicht wesentlich erforderlich ist, sein, welche sie wolle.

Die senkrechte Windmühle, welche die gewöhnlichste und einfachste Vorrichtung ist, um die Kraft des Windes zur Erreichung einer drehenden Bewegung anzuwenden, besteht aus einer Welle (der Flügelwelle), die in der Richtung des Windes liegt und gewöhnlich 10 oder 11° von der horizontalen Linie abweicht. Am Ende dieser Welle sind vier Arme (die Windruthen) rechtwinklig übers Kreuz und senkrecht auf den Windruthen sind Querhölzer oder Sprossen angebracht, die in einer gleichen Ebene liegen und mit andern, der Windruthe parallelen Stangen verbunden sind. Das durch diese verschiedenen Stangen gebildete Rechteck, wird mit starker Segelleinwand oder mit dünnen Brettern bekleidet und bildet die Flügel der Windmühle. Die Flächen der Flügel machen mit der Welle einen spitzigen Winkel, und zwar nimmt die Größe dieses Winkels von den äußern Enden der Windruthe bis an die Welle immer mehr zu und zwar so, daß jeder Flügel nach Art eines Schraubenganges gleichsam gewunden erscheint. Die Erfahrung hat diese Gestalt der Windmühlenflügel als die zweckmäßigste bewährt; ihre Ableitung aus der Theorie kann aber hier nicht vorgetragen werden. Die ganze Vorrichtung muß immer so stehen, daß die Richtung des Windstoßes mit der Welle parallel ist; und der Wind wirkt demnach schief auf die Flügel, welche durch ihr Ausweichen die beabsichtigte Kreisbewegung hervorbringen. An der Flügelwelle sitzt nämlich ein gewöhnliches Kamm- oder ein Winkelrad, welches in einen Drehling oder in ein anderes Winkelrad an einer senkrechten Welle greift, und auf diese Weise wird die Kraft auf die zu betreibende Maschine fortgepflanzt.

Da sich die Richtung des Windes fortwährend verändert, so ist irgend eine Vorrichtung nöthig, wodurch es möglich wird, Flügelwelle und Flügel stets in die erforderliche Richtung zu bringen, wozu man auf zweierlei verschiedene Weise gelangt. Bei den ältern Mühlen (Fig. 1, Taf. VI), den sogenannten Bockwindmühlen (post-mill), steht das ganze, die Maschinerie enthaltende Gebäude auf einem Gerüst, dem Bock, mit einer stehenden Welle, um die es mittelst eines Hebels bewegt werden kann. Bei den neuern Windmühlen dagegen, bei den sogenannten holländischen (Fig. 2), liegt die Flügelwelle

** Dieses Capitel ist nach Barlow's Werk bearbeitet.

Digitized by Google

in einer Kuppel oder in dem Dache des Gebäudes, welches die Maschinerie enthält, und es ist dasselbe auf Rollen beweglich, so daß mit ihm die Flügel dahin gedrehet werden können, woher der Wind kommt. Das Drehen des Daches geschieht entweder mittelst der Hand durch einen langen Hebel, oder durch eine selbstthätige Vorrichtung, bestehend aus Flügeln am Ende eines langen horizontalen Arms, der in derselben senkrechten Ebene mit der Flügelwelle liegt.

Bockwindmühlen sind nothwendig in ihrer Größe beschränkt, da bei jeder Veränderung des Windes das ganze Gebäude gedrehet werden muß. Fig. 1 ist ein Durchschnitt, welcher das Innere einer solchen Mühle zeigt. Das Mühlenhaus hat eine rechteckige Form und dem Winde steht eine schmale Seite entgegen. AB ist die Flügelwelle, deren eines Ende ein Zapfenlager auf dem Balken C von dem Gerüst der Mühle hat und deren anderes Ende von dem Balken D getragen wird. Der außerhalb der Mühle liegende Theil der Welle ist stärker, quadratisch im Querschnitt und hat zwei quadratische Löcher, durch welche die Windruthen gehen und bei aa verkeilt sind. Auf der Welle sitzt das Kammrad (brake-wheel) E; um die obere Hälfte seiner Peripherie geht eine Bremse von Holz (brake) bb, deren eines Ende befestigt, deren anderes aber mittelst einer eisernen Stange mit dem Hebel cd verbunden ist, so daß durch ein Niederziehen des Endes von dem Hebel, die Bremse auf die Peripherie des Rades drückt und dadurch zu jeder Zeit der Gang der Mühle aufgehalten werden kann. Das Kammrad soll in einen Drehling greifen, der auf der Abbildung nicht dargestellt ist.

Der untere Theil der Mühle nimmt den Bock P auf, um welchen die Windmühle gedreht wird. Er besteht aus einem starken Baume, der dadurch senkrecht gehalten wird, daß man ihn in der Mitte zweier langen Balken einläßt, die ein großes Kreuz auf dem Boden und die Basis der ganzen Mühle bilden. Vier schräg stehende Streben, FFFF, welche von dem Grundkreuz bis zur Mitte der Spindel gehen, sichern die senkrechte Stellung derselben. Die obern zehn oder zwölf Fuß sind rund bearbeitet, und gehen durch die Mitte der untern Abtheilung des Mühlengebäudes, indem am Boden derselben eine ringförmige Oeffnung die Spindel genau umfaßt. Oben hat diese einen Zapfen, der in eine Pfanne tritt, welche in der Mitte des Bodens der obern Abtheilung des Mühlengebäudes an einem starken Balken G befestigt worden ist. Dieser Balken muß nothwendig sehr stark sein, da er das ganze Gewicht der Mühle zu tragen hat. Auf diese Weise dreht sie sich frei auf dem Zapfen, während der Hals am Boden sie in der senkrechten Richtung erhält. L ist eine Treppe, um zu der Mühle aufsteigen zu können; sie ist durch Hespen und Haken mit der Hinterseite der Mühle verbunden, und an ihrem untern Ende ist ein Seil, M, befestigt und geht in schräger Richtung über Rollen in die Mühle, so daß die Treppe nach Belieben gehoben werden kann. Die gehobene Treppe dient als Hebel zum Drehen der Mühle, welches entweder durch Menschen, oder durch eine Erdwinde bewerkstelligt wird. Die Winde ist beweglich und kann nach Belieben auf einer, von den in dem Boden befestigten, stehenden Wellen angebracht werden; ihr Seil wird deshalb an das untere Ende der Treppe gehängt. Wenn nun die Mühle auf diese Weise die verlangte Richtung erhalten hat, so wird die Treppe

auf den Boden nieder gelassen, und an der entgegengesetzten Seite von den Flügeln vorhanden, dient sie nicht allein dazu, um auf ihr empor zu steigen und die Mühle fest in ihrer Richtung zu erhalten, sondern sie wirkt auch als Strebepfeiler gegen das Bestreben des Windes, die Mühle umzuwerfen, welches sich bei den Windmühlen dieser Art zuweilen ereignet. Die Bockwindmühlen sind nicht allein in ihrer Größe, sondern auch in ihrer Anwendung zum Betriebe von Maschinerien beschränkt. Gewöhnlich werden sie als Kornmühlen benutzt und nur in Holland wendet man sie auch zuweilen zu anderen Zwecken an. Der Bock, auf welchem sich die Mühle dreht, ist alsdann nach sehr großen Dimensionen gemacht und ist in der Mitte hohl, so daß eine senkrechte Welle hindurchgehen kann, welche die Betriebskraft in ein unter der Mühle befindliches Gebäude leitet. Auf diese Weise kann eine Bockwindmühle zum Betriebe einer Sägemühle, einer Papiermühle, oder zu irgend einem andern Zweck angewendet werden. Jedoch ist die Construction zusammengesetzter und minder zweckmäßig, als die einer Windmühle mit beweglichem Dach, welche wir nun beschreiben wollen.*

Die Windmühlen mit beweglichem Dach, sogenannte holländische (tower or smock-mill), haben eine weit zweckmäßigere Construction, als die Bockwindmühlen, und ihre Größe ist blos durch die Schwierigkeiten beschränkt, welche mit der Construction sehr großer Flügel verbunden sind. Die Kraft der Windmühlen ist übrigens nach der Geschwindigkeit des Windes so verschieden, daß es schwer hält, sie zu bestimmen; jedoch nimmt man im Durchschnitt an, daß die größern Mühlen dieser Art eine Betriebskraft von sechs bis acht Pferden haben. Fig. 2 ist eine Darstellung des obern Theils von einer Mühle mit beweglichem Dache. AA sind die Wände vor dem feststehenden Theil des Mühlengebäudes, welche entweder aus Ziegeln oder Bruchsteinen, oder aus Zimmerwerk bestehen. CC ist eine hölzerne, fest mit dem obern Theil der Wand verbundene Curve, auf welcher sich die Rollen des Daches oder der Kuppel bewegen. Bei Ziegelsteinmauern ist die Befestigung der gekrümmten Hölzer eine gar nicht leichte Sache, da ihre feste Lage etwas sehr Wesentliches ist; denn die Curve muß vollkommen fest und sicher liegen und darf durch die stete Erschütterung der Maschinerie durchaus nicht lose werden. Sie wird entweder auf Hölzern, die in die Ziegelmauern eingelassen sind, oder mit langen eisernen Bolzen befestigt, die weit in die Mauer hineinreichen. BBB ist das Dach oder die Haube der Mühle, welche aus Holz besteht, das sehr fest mit einander verbunden ist, unten mit einem Kranz, der sich auf dem erwähnten, auf der Wand liegenden, bewegt. SS ist die Flügelwelle, welche hier aus Gußeisen besteht, welches Material jetzt fast immer dazu angewendet wird. An dem außerhalb der Mühle liegenden Ende der Welle sind zwei Löcher vorhanden, in denen die beiden Windruthen weit sicherer, als in einer hölzernen Welle befestigt werden können. Die Welle ruht am hintern Ende mittelst eines Zapfens und am vordern mittelst eines Halses in Zapfenlagern, die mit dem Gerüst

* Besonders zu empfehlen ist: Hoffmann's Sammlung der gebräuchlichsten Maschinen. 1. Heft: Die Bockwindmühle ꝛc. 2te Auflage. Berlin 1833.

Digitized by Google

des Daches verbunden sind. Die Pfannen dieser Zapfenlager bestehen gewöhnlich aus Messing, in England wendet man aber auch dazu wohl eine eigene Steinart, Nottinghamshire block genannt, an, indem dieses Material am zweckmäßigsten dazu ist, da es nicht allein die Friction sehr vermindert, sondern auch sehr dauerhaft ist. Letzteres ist um so wichtiger, da die Auswechselung der Pfannen mit großen Schwierigkeiten verbunden ist. Das Triebrad D D ist ein Winkelrad, welches gewöhnlich mit zwei Reihen von Zähnen versehen ist, die wechselsweise in die ähnlichen des kleinern Winkelrades N greifen und eine regelmäßigere Bewegung hervorbringen, als es bei den gewöhnlichen Winkelrädern der Fall ist. Wir redeten von dieser Art der Verzahnung der Räder schon weiter oben. Uebrigens versteht es sich ganz von selbst, daß beide Räder aus Gußeisen bestehen. Zuweilen sind hölzerne Räder mit der eisernen Welle verbunden, indem an diese Arme gegossen sind, an welche jene geschroben werden.

Die hier gebrauchte Bremse ist von der bei den Bockwindmühlen angewendeten nicht viel verschieden. Sie besteht aus einem hölzernen Krümmling, der fast um die ganze Peripherie des Rades geht, dessen eines Ende an irgend einem Punkt des Gerüstes befestigt, und das andere mit dem Hebel b b, Fig. 3, verbunden ist. Mittelst eines Seils, das über eine Rolle nach außerhalb der Mühle geht, kann man unten den Hebel und mit ihm die Bremse heben. Ist daher das Seil unten festgehängt, der Hebel und die Bremse gehoben, so bewegt sich das Rad ganz frei. Muß dagegen der Gang der Mühle gehemmt werden, so hakt man das Ende des Seils los, und der Hebel fällt alsdann durch seine eigene Schwere nieder, zieht die Bremse nach sich, und diese übt einen solchen Druck auf die Peripherie des großen Winkelrades aus, daß die Mühle selbst beim stärksten Winde zum Stillstande gebracht werden kann.

Auf die Construction der Bremse muß eine besondere Sorgfalt verwendet werden, denn wenn sie unwirksam bleibt, oder bricht, so können daraus die nachtheiligsten Folgen entstehen. Muß eine Windmühle während eines Sturmes betrieben werden, so kann sie eine solche Geschwindigkeit erlangen, daß sie nicht allein Brüche veranlaßt, sondern auch die Mühle entzündet. Unter diesen Umständen ist die Bremse das einzige Mittel, den schnellen Gang zu vermindern. Wir können ein Beispiel anführen, wie während eines Sturmes die Bremse einer Windmühle unbrauchbar wurde, und die Mühle eine solche Geschwindigkeit erlangte, daß der Läufer durch die ungeheure Centrifugalkraft in Stücken flog, von denen eines dem daneben stehenden Müller beide Beine wegriß und dann durch die Mauer flog.

R R, Fig 2, ist ein Ring mit Walzen, welche das ganze Gewicht des Daches tragen, und mittelst denen es auf der Curve oder dem Kranz c c mit großer Leichtigkeit nach jeder Richtung gedreht werden kann. Die Walzen a a a a, welche wir in Fig. 4 in einem Grundrisse des Daches sehen, haben den Zweck, es auf seinem Platze zu erhalten. Sie sind mit der obern Curve, oder mit dem obern Kranz verbunden, und bewegen sich gegen die innere Oberfläche des untern, die sehr glatt und eben ist. Der Kranz, an welchem diese Walzen befestigt sind, muß sehr fest mit dem obern verbunden seyn, da er der ganzen Kraft

des Windes zu widerstehen hat, welcher das Dach abzureißen sich bestrebt, ein Fall, der wiederholt vorgekommen ist. Von einigen Mühlenbauern werden gar keine Walzen oder Rollen angewendet, sondern die Kränze gleiten auf einander. Mag auch eine solche Einrichtung des Daches weniger in Unordnung kommen, so hat sie doch bei weitem mehr Friction, und kann nicht bei selbstthätigen Dächern angewendet werden, indem alsdann die dazu erforderliche Vorrichtung nicht Kraft genug haben würde, das Dach unter solchen Umständen zu drehen.

Man hat verschiedene Vorrichtungen angewendet, um das Dach nach der erforderlichen Richtung zu drehen. In allen Fällen ist der festliegende Kranz mit Zähnen versehen, die auf seiner Peripherie ein festliegendes Kammrad bilden, und in welche eine Schraube ohne Ende, oder ein Getriebe greift, das mit dem Dache verbunden ist. Die Art und Weise, wie Menschenkraft auf die Bewegung des Getriebes angewendet wird, ist in Fig. 3 gezeigt; ein Seil ohne Ende geht über eine Scheibe a bis zu dem Boden, auf welchem die Mühle steht, und an seiner Welle sitzt ein Zahnrad b, welches in ein zweites Zahnrad c greift, an dessen Welle das Getriebe sitzt, welches auf die Kämme des festliegenden Kranzes wirkt. Auf diese Weise kann ein unten, neben der Mühle stehender Mann das Dach mit großer Leichtigkeit nach jeder Richtung drehen.

Die in Fig. 2 dargestellte Windmühle hat ein selbstthätiges Dach, welches durch die Einwirkung des Windes auf einen Windfang oder auf Flügel so gedreht wird, daß die Windmühlenflügel stets die gehörige Richtung gegen den Wind haben. Kleine Flügel oder Windfänge M sind auf einem vorspringenden Gerüst L L, an dem hintern Theil des Daches angebracht. An der Welle dieser Flügel sitzt ein kleines Winkelrad, welches in ein größeres b greift, das an der geneigten Welle c sitzt, an deren anderm wiederum ein kleineres Winkelrad angebracht ist. Dieses greift in ein größeres Winkelrad e, an der senkrechten Welle des Getriebes f (s. auch Fig. 4), welches letztere seinerseits in die Zähne an der Peripherie des festliegenden Kranzes greift. Werden nun die Flügel M bewegt, so dreht sich auch das Dach der Mühle langsam herum, und zwar mit einer Kraft, die von dem Verhältniß der Radien, oder der Anzahl der Zähne der obigen Räder und Getriebe abhängt. Untersucht man die Art und Weise, wie die Flügel M construirt sind, so sieht man leicht ein, daß sie sich nicht bewegen können, wenn ihre Ebene in der Richtung des Windes liegt, daß aber, wenn der Wind im Geringsten von der Richtung der Flügelwelle abweicht, er in schiefer Richtung auf die kleinen Flügel wirkt und sie, mag er herkommen, woher er will, so dreht, daß das Dach wiederum in die Richtung des Windes gebracht wird.

Diese sinnreiche Vorrichtung, die keine ganz neue Erfindung, sondern schon mannigfach angewendet worden ist, wird von manchen Mühlenbauern für unzweckmäßig gehalten, indem ihre Wirkungsart zu langsam ist. Bei plötzlichen Stürmen, wo es nämlich gefährlich ist, die Bremse zu gebrauchen, weil durch die starke Reibung derselben eine Entzündung veranlaßt werden kann, ist es nothwendig, die Flügel schnell aus der Richtung des Windes zu bringen, wogegen die selbstthätige Vorrichtung das Bestreben hat, sie stets in derselben zu erhalten. In diesem Fall ist also

Digitized by Google

das selbstthätige Dach unzweckmäßig und gefährlich; allein da solche Fälle selten sind, so können sie nicht als ein wirklicher Einwurf gegen die Vorrichtung gelten, die in andern Beziehungen viele Vortheile hat.

Construction der Flügel. — Die Construction der Windmühlenflügel und die Befestigung derselben in der Flügelwelle sind sehr wichtige Operationen der Mühlenbaukunst, von denen im Wesentlichen die Kraft und die gute Wirkung der Mühle abhängen. Die gußeisernen Wellen, welche jetzt wegen der großen Vorzüge, die sie vor den hölzernen besitzen, allgemein angewendet werden, haben zwei rechteckige Löcher in ihrem Ende, welche die Windruthen aufnehmen. Zwei Stücke Holz, h h, Fig. 5, von beträchtlicher Länge, die sogenannten Hörner (horns), werden hinter denselben angebracht und mit den Windruthen durch Schraubenbolzen und Muttern verbunden. Diese Hörner haben nicht allein der Zweck, die Windruthen steif und fest in den Löchern der Welle zu halten, sondern sie wesentlich zu verstärken, und als eine weitere Sicherheit sind noch Klammern um das vorspringende Ende der Welle gelegt und mit den Windruthen verbunden. Zuweilen sind auch Arme an die Welle gegossen, um die Windruthen besser in den Zapfenlöchern zu erhalten; jedoch ist diese Methode weder so sicher noch so häufig angewendet, als die vorhergehende.

Beziehen wir uns auf Fig. 6, so ist DEFG ein Durchschnitt von der Welle, senkrecht auf der Axe C. HH, AB sind die rechtwinklig zu einander stehenden Windruthen; sie sind ungefähr 10 Zoll im Quadrat stark oder 10 Zoll dick und 8 Zoll breit und 40 Fuß lang. Gewöhnlich bestehen sie aus einem Stück, zuweilen aber auch zweien, welche übereinander geplattet und mit Verstärkungsstücken verbunden sind, von denen die Klammern zu der Welle gehen.

In der Entfernung CL, die gleich einem Siebentel der Länge von der Windruthe ist, hat man die erste Sprosse LM angebracht. Sie ist in der senkrechten Projection des Flügels, Fig. 7, mittelst der punktirten Linie oo' dargestellt, die einen Winkel von 60° mit der Axe der Flügelwelle macht; und auf derselben Figur bezeichnet die punktirte Linie oP die Projection der letzten oder untersten Sprosse NB', Fig. 6, welche mit derselben Axe einen Winkel von 80° macht. Der Raum LM ist in eine gleiche Anzahl von Theilen getheilt, an welche Punkte die übrigen Sprossen oder Querhölzer angebracht werden, deren gewöhnlich zwanzig vorhanden sind. Diese Sprossen stecken auf der einen Seite in Löchern in der Windruthe und auf der andern Seite sind sie in die Stange MB' eingelassen. Jede Sprosse macht einen verschiedenen Winkel mit der Axe, und da die Differenz der Winkel der beiden äußersten Sprossen 20° beträgt und zwanzig Stangen vorhanden sind, so beträgt die Winkeldifferenz einer jeden folgenden Sprosse 1°.

Gewöhnlich haben alle Sprossen eine gleiche Länge, d. h. von ungefähr 5 Fuß; allein bei einigen Mühlen springt die äußerste ungefähr ihre halbe Länge auf der andern Seite der Windruthe vor, und die Länge der übrigen vermindert sich nach und nach bis zu der ersten, die gar nicht hervorstehen darf. Man nennt solche Einrichtung erweiterte Flügel (enlarged sails). Bei andern Windmühlen werden die äußersten Sprossen kürzer gemacht, als Nachahmung der Flügel der Vögel, jedoch wird eine solche Einrichtung nicht für zweckmäßig gehalten. Die rechteckigen Flügel werden holländische genannt und sind als die zweckmäßigsten am meisten im Gebrauch.

Die Länge der holländischen Flügel beträgt vom Mittelpunkte der Axe bis zu dem Ende ungefähr 33 Fuß, die Breite etwas mehr als 6 Fuß. Fünf Fuß davon sind mit Segelleinwand und der bleibende eine Fuß ist mit dünnen Brettern bekleidet. Die Segelleinwand fängt erst 6 Fuß von dem Mittelpunkte an und ist nur 27 Fuß lang. Die Verbindungslinie der Bretter und der Leinwand bildet auf der, dem Winde entgegengesetzten Seite und am Anfang des Flügels, eine merklich concave Curve, allein diese Krümmung vermindert sich und hört am Ende des Flügels ganz auf. Die Winkel, welche die Tangenten dieser Curven mit der Ebene ihrer Bewegung bilden, nennt man den Wetterwinkel (angle of weather). Bei der ersten Sprosse beträgt derselbe 30° und vermindert sich in einigen Fällen bis zu 12° und in andern bis zu 6°, indem sie innerhalb dieser Grenzen schwanken, so wie die Neigung der Flügelwellen von 8 bis 15° variirt.

Bis jetzt haben wir nur Windmühlen mit vier Flügeln betrachtet; es giebt deren aber auch, welche fünf und mehre haben, obwohl solche Beispiele stets zu den Seltenheiten gehören und eine specielle Beschreibung daher nicht nöthig ist.

Beste Form und Stellung der Windflügel. — Dieß ist ein Gegenstand, der die Aufmerksamkeit mehrer Mechaniker auf sich gezogen hat, unter andern die des Engländers Smeaton, dessen Versuche „On the Construction and Effects of Windmill-sails", in folgendem Werke vorhanden sind: Experimental Enquiry concerning the Natural Powers of Wind and Water etc. 3. edit. London 1813, woraus wir das Folgende entlehnen.*

Smeaton bemerkt, daß, um genaue Versuche mit Windflügeln anzustellen, der natürliche Wind hierzu zu unsicher sei, weshalb er folgenden Apparat anwendete: Eine senkrechte Spindel bewegt sich frei in einem Gerüst und oben hat sie einen langen horizontalen Arm, an dessen Ende vier kleine bewegliche Flügel angebracht worden sind. Die senkrechte Spindel kann durch eine Schnur in Bewegung gesetzt werden, die um dieselbe gewickelt ist und an deren Ende ein Gewicht hängt. Dadurch wird nun die Flügelaxe in einem Kreise von dem Halbmesser des horizontalen Arms herumgeführt, so daß die dabei an die Luft anstoßenden Flügel gezwungen sind, sich zugleich um ihre eigene Axe zu drehen. Um diese Axe ist eine andere Schnur gewickelt, die über mehre Rollen geht und an deren anderm Ende eine Wagschale hängt, in welche Gewichte gelegt werden, um die Kraft der Flügel zu prüfen. In der folgenden Tabelle sind die Resultate von neunzehn Versuchen über Windmühlenflügel mitgetheilt, die sowohl der Größe als Construction und Lage nach verschieden waren.

Es wurden mehre Versuche mit solchen Windflügeln angestellt, um die größte Wirkung darzuthun, d. h. das größte Product des Gewichts in die Anzahl der Umdrehungen der Flügel. In der Tabelle I, Columne 4, ist die

* Wer sich specieller mit dem Gegenstande beschäftigen will, den verweisen wir auch auf des Prof. Burg zu Wien vortreffliche „Abhandlung über die Windmühlen" in den Jahrb. des polyt. Instituts, Bd. 8, S. 85 ff.

Digitized by Google

Anzahl der Umdrehungen der unbelasteten Flügel angegeben; in der 5. Columne die Zahl, welche das Maximum hervorbrachte; in der 6. Columne das höchste Gewicht und in der 8. Columne das größte Product des Gewichts, multiplicirt mit der Anzahl der Umdrehungen. Die übrigen Columnen sind hinlänglich durch ihre Ueberschriften erklärt und bedürfen keiner weitern Erläuterung.

Die dem Mittelpunkte der Flügel in der Peripherie ihres Kreises ertheilte Geschwindigkeit betrug 6 Fuß in der Secunde.

Bei den folgenden Resultaten ist die Friction der Rollen und die Steifheit der Seile ganz genau berücksichtigt.

Tabelle I. — Versuche über Windmühlflügel von verschiedener Construction, Lage u. s. w.

Gattung der gebrauchten Segel oder Flügel.	Nro.	Winkel an dem äußern Ende.	Größter Winkel.	Umdrehungen der unbelasteten Flügel.	Umdrehungen derselben bei ihrer größten Belastung.	Belastung für ein Maximum.	Größte Belastung.	Product.	Größe der Fläche.	Verhältniß der größten Geschwindigkeit zur Geschwindigkeit des Maximums.	Verhältniß der größten Belastung zu der, welche einem Maximum entspricht.	Verhältniß der Fläche zum Product.
		°	°			Pfund	Pfund		□3.			
Ganze Segel unter einem Winkel von 55°.	1	35	35	66	42	7,56	12,59	318	404	10 : 7	10 : 6	10 : 7,9
Ganze Segel nach der gewöhnlichen Methode gestellt (weather'd).	2	12	12		70	6,3	7,56	441	404		10 : 8,3	10 : 10,1
	3	15	15	105	69	6,72	8,12	464	404	10 : 6,6	10 : 8,3	10 : 10,15
	4	18	18	96	66	7	9,81	462	404	10 : 7	10 : 7,1	10 : 10,15
Nach der Maclaurin'schen Theorie gestellt.	5	9	26½		66	7		462	404			10 : 11,4
	6	12	29½		70½	7,35		518	404			10 : 12,8
	7	15	32½		63½	8,3		527	404			10 : 13
Flügel nach holländischer Art gestellt, und unter verschiedenen Lagen versucht.	8	0	15	120	93	4,75	5,31	442	404	10 : 7,7	10 : 8,9	10 : 11
	9	3	18	120	79	7	8,12	553	404	10 : 6,6	10 : 8,6	10 : 13,7
	10	5	20		78	7,5	8,12	585	404		10 : 9,2	10 : 14,5
	11	7½	22½	113	77	8,3	9,81	639	404	10 : 6,8	10 : 8,5	10 : 15,8
	12	10	25	108	73	8,69	10,37	634	404	10 : 6,8	10 : 8,4	10 : 15,7
	13	12	27	100	66	8,41	10,94	580	404	10 : 6,6	10 : 7,7	10 : 14,4
Flügel nach holländischer Methode gestellt, die aber an ihren Enden breiter waren.	14	7½	22½	123	75	10,65	12,59	799	505	10 : 6,1	10 : 8,5	10 : 15,8
	15	10	25	117	74	11,08	13,69	820	505	10 : 6,3	10 : 8,1	10 : 16,2
	16	12	27	114	66	12,09	14,23	799	505	10 : 5,8	10 : 8,4	10 : 15,8
	17	15	30	96	63	12,09	14,78	762	505	10 : 6,6	10 : 8,2	10 : 15,1
8 Flügel in Gestalt elliptischer Sektoren, in ihrer besten Lage.	18	12	22	105	64½	16,42	27,87	1059	854	10 : 6,1	10 : 5,9	10 : 12,4
	19	12	22	99	64½	18,06		1165	1146	10 : 5,9		10 : 10,1
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.

Ueber die Resultate dieser Versuche macht Smeaton folgende Bemerkungen:

1. Flügel, die mit der Axe einen Winkel von 55° machen, welche von Parent und Andern am vortheilhaftesten anerkannt wurden, hatten die geringste Wirkung von allen, mit denen Versuche angestellt wurden.

2. Wurde jener Winkel von 55° auf 72° bis 75° vergrößert, so vergrößerte sich die Kraft oder das Product in dem Verhältniß von 31 zu 45.

3. Wenn weiter nichts erforderlich ist, als daß die Flügel einen gewissen Geschwindigkeitsgrad von dem Winde annehmen, so würde die von Parent empfohlene Stellung die beste sein; sollen aber die Flügel mit gegebenen Dimensionen den größtmöglichen Effect in einer gewissen Zeit leisten, so müssen wir uns auf eine Stellung von 72 bis 75° beschränken.

4. Eine Veränderung von einem oder von zwei Graden, wenn die Stellung der Flügel fast die beste ist, hat nur geringe Folgen, und wirkt der Wind auf eine concave Fläche, so kann die Kraft des ganzen Flügels dadurch vergrößert werden, wenn gleich die einzelnen Theile ihre vortheilhafteste Lage nicht haben.

5. Smeaton fand aus vielen im Großen angestellten Versuchen, daß man die bestmöglichsten Resultate für den Effect aus nachstehenden Neigungswinkeln erhält. Die Flügelruthe ist vom Mittelpunkte bis zum äußern Ende des Flügels in 6 Theile getheilt, von denen das erste vom

Digitized by Google

Mittelpunkte gezählte mit 1, und jenes, welches dem äußern Ende des Flügels entspricht, mit 6 bezeichnet ist.

Nummer	Winkel mit der Axe.	Winkel mit der Bewegungsebene.	
1	72°	18°	
2	71	19	
3	72	18	Mitte des Flügels.
4	74	16	
5	77½	12½	
6	83	7	äußeres Ende.

Er bemerkt ferner, daß ein breiterer Flügel einen größern Neigungswinkel erhalten müsse, und daß es vortheilhafter sei, den Flügeln an den äußern Enden eine größere Breite zu geben, als sie der ganzen Länge nach gleich breit zu nehmen. Die Länge der äußersten Sprosse beträgt ⅓ der Flügel- oder Ruthenlänge, und diese wird von der Ruthe im Verhältniß von 3 : 5 getheilt. Das angefügte Dreieck ist vom untern Ende bis auf ⅓ der Länge mit dünnen Brettern, das Uebrige, wie gewöhnlich, mit Segeltuch überdeckt.

Mehre Mechaniker sind der Meinung gewesen, daß der Vortheil für die Wirkung um so größer sei, je mehr Fläche die Flügel oder Segel dem Winde darbieten; sie haben daher vorgeschlagen, die ganze Fläche auszufüllen und zwar so, daß, wenn nach dem Vorschlage von Parent jeder Flügel einen elliptischen Sektor bildet, der auf die Flügel wirkende Wind- oder Luftcylinder gänzlich aufgefangen und dadurch fähig gemacht werde, den größten Effect hervorzubringen.

Es folgt ferner aus den Versuchen, daß über eine gewisse Gränze hinaus, durch Vergrößerung der Fläche, der darauf bezogene Effect vermindert wird. In dem Falle, in welchem der Windcylinder von den Flügeln gänzlich aufgefangen wird, geht daraus der größte Effect nicht hervor, weil die hinlängliche Oeffnung fehlt, durch welche der Wind entweichen muß, sobald er seine Wirkung geäußert hat.

Herr Smeaton bemerkt noch, daß die bei großen Windmühlen am meisten übliche Größe und Form der Flügel, der Erfahrung zu Folge, jene sei, wie sie in den Versuchen von Nr. 9 und 10 angewendet wurde.

Die folgende Tabelle II enthält die Resultate jener Versuche, die in der Absicht gemacht wurden, um die Wirkungen der Windflügel für verschiedene Geschwindigkeiten des Windes zu erhalten. Die Flügel hatten dieselbe Form und Stellung wie in Nro. 10, 11 und 12 der vorigen Tabelle I; jeder Versuch dauerte eine Minute.

Tabelle II. — Versuche, um die Differenz der Wirkung mit verschiedener Geschwindigkeit des Windes zu bestimmen.

Nro.	Winkel an dem äußern Ende.	Geschwindigkeit des Windes in einer Secunde.	Umdrehungen der unbelasteten Flügel.	Umdrehungen der Flügel für das Maximum.	Belastung für das Maximum.	Größte Belastung.	Product.	Größte Belastung für die halbe Geschwindigkeit.	Umdrehungen der Flügel.	Product der geringern Belastung in die größere Geschwindigkeit.	Verhältniß der zwei Producte.	Verhältniß der größten Geschwindigkeit zu jener für das Maximum.	Verhältniß der größten Belastung zu der dem Maximum entsprechenden.
		Fuß. Zoll.			Pfund.	Pfund.							
1	5°	4 4½	96	66	4,47	5,37	295	—	—	—	— —	10 : 6,9	10 : 8,3
2	5	8 9	207	122	16,42	18,06	2003	4,47	180	805	10 : 27,3	10 : 5,9	10 : 9,1
3	7½	4 4½	—	65	4,62	—	300	—	—	—	— —	— —	— —
4	7½	8 9	—	130	17,52	—	2278	4,62	180	832	10 : 27,8	— —	— —
5	10	4 4½	91	61	5,03	5,87	307	—	—	—	— —	10 : 6,7	10 : 8,5
6	10	8 9	178	110	18,61	21,34	2047	5,03	158	795	10 : 26	10 : 6,2	10 : 8,7
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.

Die Resultate dieser Versuche Smeaton's sind sehr ausgedehnt; jedoch führen wir hier nur die Gesetze oder Regeln auf, welche aus den Untersuchungen folgen.

Erste Regel. Die Geschwindigkeit der Windflügel, diese mögen unbelastet, oder bis zum Maximum des Effectes belastet sein, ist der Geschwindigkeit des Windes proportional; vorausgesetzt, daß Form und Neigung der Flügel ungeändert bleibt.

2. Die dem größten Effecte entsprechende Belastung ist etwas weniger, als dem Quadrate der Geschwindigkeit des Windes proportional, wenn wieder Form und Stellung der Flügel dieselbe bleibt.

3. Die dem Maximum entsprechenden Wirkungen derselben Flügel sind etwas weniger, als den dritten Potenzen der Geschwindigkeit des Windes proportional.

4. Die dem größten Effect entsprechende Belastung ist dem Quadrate, und die Wirkung der Flügel dem Kubus der einer bestimmten Zeit zukommenden Umlaufszahl derselben proportionirt.

5. Sind die Flügel so belastet, daß sie bei einer gegebenen Geschwindigkeit des Windes den größten Effect hervorbringen, und nimmt für dieselbe Belastung die Geschwindigkeit des Windes zu; so ist erstens, wenn die Zunahme der Geschwindigkeit nur gering ist, die Effectzunahme nahe

Digitized by Google

dem Quadrat dieser Geschwindigkeiten proportional; zweitens verhalten sich, wenn die Geschwindigkeit des Windes doppelt wird, diese Wirkungen nahe wie 10 : 27½. Betragen aber drittens die mit einander verglichenen Geschwindigkeiten mehr als das Doppelte von jener, bei welcher der größte Effect hervorgebracht wird, so wachsen die Wirkungen ungefähr wie die einfachen Geschwindigkeiten des Windes.

6. Für, der Form und Lage nach ähnliche Flügel ist die einer gegebenen Zeit entsprechende Umlaufszahl derselben ihrer Länge proportional.

7. Die dem größten Effect entsprechende Belastung, welche der Form und Lage nach ähnliche Flügel in einer gewissen Entfernung von ihrem Mittelpunkte oder ihrer Umdrehungsaxe überwinden können, ist dem Kubus ihres Halbmessers proportional.

8. Die Wirkung von Windflügeln, die der Gestalt und Stellung nach ähnlich sind, ist dem Quadrate des Flügelhalbmessers proportional. Es folgt daraus, daß, wenn man die Länge eines Flügels vergrößert, ohne zugleich

auch seine Fläche oder die Quantität des Segeltuchs zu vergrößern, dadurch die Kraft nicht vermehrt wird, weil das durch die Länge Gewonnene, durch die langsamere Umdrehung wieder verloren geht. Vergrößert man aber bei ungeänderter Breite der Flügel ihre Länge, so wächst der Effect wie diese Länge.

9. Die Geschwindigkeit des äußersten Endes, sowohl der holländischen, als der breiter auslaufenden Flügel, diese mögen nicht, oder bis zum Maximum des Effectes belastet sein, ist beträchtlich größer, als die des Windes.

10. Die breiter werdenden Windflügel sind vortheilhafter, als die gewöhnlichen holländischen, welches vollkommen mit den praktischen Erfahrungen übereinstimmt, die Herr Smeaton zu machen Gelegenheit hatte.

Wir lassen nun noch eine Tabelle folgen, die Herrn Smeaton von seinem Freunde Rouse mitgetheilt wurde, und die nach einer großen Anzahl von Versuchen mit großer Sorgfalt aufgestellt ist. Nur darf den Versuchen, bei denen die Geschwindigkeit des Windes mehr als 50 Meilen in einer Stunde betragen, nicht dasselbe Zutrauen geschenkt werden, wie denen bei geringerer Geschwindigkeit.

Tabelle III, welche die Geschwindigkeit und Stärke des Windes nach seiner Benennung enthält.

Geschwindigkeit des Windes.		Perpendikularkraft auf einen □ Fuß Fläche in Pfunden des avoir-du-pois-Gewichts.	Gewöhnliche Benennung der Stärke des Windes.
Meilen in einer Stunde.	Fuß in einer Secunde.		
1	1,47	0,005	kaum merkbar.
2	2,93	0,020	gerade merkbar.
3	4,40	0,044	
4	5,87	0,079	ein sanfter angenehmer Wind.
5	7,33	0,123	
10	14,67	0,492	ein angenehmer frischer Wind.
15	22,00	1,107	
20	29,34	1,968	ein sehr frischer Wind.
25	36,67	3,075	
30	44,01	4,429	ein starker Wind.
35	51,34	6,027	
40	58,68	7,873	ein sehr starker Wind.
45	66,01	9,963	
50	73,35	12,300	ein Sturm.
60	88,02	17,715	ein starker Sturm.
80	117,36	31,490	ein Orkan.
100	146,70	49,200	ein Orkan, der Bäume entwurzelt und Gebäude niederreißt.
1.	2.	3.	

Bekleidung der Flügel. — Bei den erwähnten Versuchen sind die Flügel stets als voll bekleidet angenommen. Bei starkem Winde ist es jedoch nothwendig, einen Theil der Segel einzuziehen, und es giebt gewöhnlich vier Grade der Bekleidung der Flügel, nach der Geschwindigkeit des Windes und nach der auszuführenden Arbeit. Es wird dieses Einziehen der Segel durch Seile bewirkt, die an den Punkten a b c, Fig. 6, Taf. VI., befestigt sind, und die entweder durch Ringe, oder über die Enden der Sprossen gehen, die vor der Stange M B' vorspringen, und indem man die Linien losknüpft, können die Segel sehr leicht zu irgend einer von den Lagen aufgerefft werden, welche die punktirten Linien in der Figur andeuten.

Will man die Stellung der Segel verändern, so muß die Mühle aufgehalten werden, wodurch mancher Nachtheil und stets Zeitverlust hervorgeht. Auf der andern Seite

Digitized by Google

ist das Umändern der Stellung der Segel während des Ganges der Mühle mit großen Gefahren verbunden, wie ein Jeder es weiß, der den Windmühlenbetrieb kennt. Entsteht ein plötzlicher Sturm, und die Segel sind ganz ausgespannt, so hält es oft schwer, die Mühle mittelst der Bremse zum Stillstande zu bringen. Werden die Flügelwellen auch nicht in den Hälsen abgewunden, indem der Wind zu stark auf die Flügel wirkt, so schwächt doch eine zu häufige Anwendung der Bremse die Wellen sehr, so daß sie bald unbrauchbar werden. Die damit verbundenen Gefahren veranlassen den Müller häufig, in dunkeln Nächten gar nicht zu mahlen und wenn dieß auch noch so nothwendig wäre, und der Aufenthalt der Mühle und das Umspannen der Segel halten auch häufig von dem sehr nothwendigen Betriebe ab.

Diese verschiedenen Nachtheile, welche mit der gewöhnlichen Methode des Umspannens der Segel verbunden sind, haben Veranlassung zu manchen Vorrichtungen gegeben, welche den Zweck haben, die Veränderung der Stellung der Segel auf eine leichte Art zu bewirken, ohne den Betrieb der Mühle aufzuhalten. Von diesen verschiedenen Vorrichtungen beschreiben wir nur einige, welche sich durch ihre Zweckmäßigkeit auszeichnen.

Die erstere derselben besteht darin, die Segel auf Walzen aufzurollen, die sich längs der Flügel ausdehnen, und die durch ein System von Räderwerk mit der Flügelwelle auf die folgende Weise verbunden werden. Ein ungefähr 4 Zoll weiter und $^1/_4$ Zoll starker eiserner Ring a, Fig. 1, Taf. VII, ist in geringer Entfernung von den Windruthen concentrisch mit der Welle verbunden. Auf diesem Ring bewegt sich ein Winkelrad b, ohne Arm, und hinter dem Ringe bewegt sich auf vier Bolzen ein Stirnrad ohne Arme. Die Einrichtung dieses Theiles ist jedoch leichter aus Fig. 2 erkenntlich, welche eine hintere Ansicht des eisernen Ringes ist; c ist das sich auf den Bolzen drehende Zahnrad; d d d d und e e e e sind vier Getriebe, die mit einer Spindel verbunden sind, die an ihrem andern Ende Winkelräder f f f f, Fig. 1, haben, welche in ähnliche greifen, die an den Walzen P P sitzen. Auf diese Walzen werden die Segel aufgewickelt; sie haben ungefähr 3 Zoll im Durchmesser, bestehen aus Holz, und sind an der äußern Kante jedes Flügels angebracht. Sie bewegen sich an beiden Enden um Zapfen, deren Pfannen oder Büchsen an der Windruthe befestigt und vor welchen Schraubenmuttern vorhanden sind. Man sieht die Pfannen am Ende der Walzen bei g g, Fig. 1. An der innern Seite der Windruthen sind vier Walzen R angebracht, denen von P P ganz ähnlich, um deren Peripherie Seile gehen, deren andere Enden mit der Kante der Segel verbunden sind, so daß durch die Umdrehung dieser Walze das Segel auf den Flügel gezogen wird. Sie laufen auf dieselbe Weise, wie die Walzen P an den Enden jeder Windruthe in Pfannen, und an dem einen Ende haben sie ein Winkelrad h, welches in das Winkelrad b auf dem Ring a greift, wodurch ihnen die Bewegung mitgetheilt wird.

In dem gewöhnlichen Zustande der Mühle dreht sich die Maschinerie ungestört mit der Flügelwelle, und sie wird nur in Wirksamkeit gesetzt, wenn irgend eine Veränderung der Segel nothwendig wird, welches auf folgende Weise geschieht. Wir wollen annehmen, daß die Flügel

gänzlich bekleidet seien, und daß es erforderlich sei, die Bekleidung zu vermindern. Ein, im gewöhnlichen Zustande senkrecht hängender Hebel wird mittelst des Anziehens eines, an seinem Ende befindlichen Seiles in eine horizontale Lage gebracht. In dieser Stellung tritt er gegen einen Nagel s an dem Stirnrade und verhindert dessen Bewegung. Das Winkelrad b und der eiserne Ring fahren fort, sich mit der Flügelwelle zu bewegen, und drehen daher die kleinen Getriebe, und dadurch die Walzen P P, welche die Segel so lange aufwickeln, bis der Hebel wieder von dem Nagel s entfernt wird, wodurch die Bewegung der Maschinerie wieder aufgehalten wird. Auf diese Weise wird es dem Müller durch Anziehen des erwähnten Seiles möglich, zu jeder Zeit einen Theil der Flügel von dem Segel frei zu machen. Sollen dagegen die Segel wieder aufgezogen werden, so tritt ein Hebel gegen den Nagel t an dem Winkelrade, und durch das Aufhalten desselben werden die Winkelräder und die Walzen R in Bewegung gesetzt, welche die Seile O O O aufwickeln und die Segel wiederum auf den Flügeln aufziehen. Der Müller ist daher im Stande, durch Anziehen des einen oder des andern Seiles die Größe der Segel nach der Stärke des Windes und nach der erforderlichen Betriebskraft einzurichten.

Um das Zerbrechen der Walzen zu verhindern, welches leicht geschehen kann, wenn sie lang sind, ist bei n eine hölzerne Stütze angebracht, die das Aufwickeln des Segeltuches nicht hindert. Da die Seile O O O ꝛc., welche über die Kanten der äußeren Stangen der Flügel gehen, bei trocknem Wetter lose werden, so wird ein Seil, welches über eine Feder von irgend einer Art oder Gestalt, die unter dem Segel angebracht ist, geht, dort befestigt, und um das obere Ende der Walzen in einer Richtung gewickelt, welche der des Segeltuchs und der Seile O gerade entgegen ist und diese immer straff erhält, so daß die Wirkung der Maschinerie sicherer ist.

Eine andere Methode, die Bekleidung der Flügel nach dem Winde einzurichten, wollen wir mit Hülfe der Figuren 3 bis 5 zu erläutern suchen. Die Flügel bestehen aus einer Reihe kleiner Flügel oder Klappen, die an den Enden mittelst Stiften in dem Gerüst der Windflügel beweglich und die so eingerichtet sind, daß sie dem Winde eine größere oder geringere Oberfläche darbieten, je nachdem er mit größerer oder geringerer Kraft darauf einwirkt. Ist der Wind sehr stark, so kehren ihm die Klappen ihre Kanten zu, und ihre Flächen sind dann der Richtung des Windes parallel, und die Mühle würde demnach stehen bleiben, oder nur eine geringe Bewegung haben. Um nun diesen Nachtheil zu verhindern, wird ein Apparat angewendet, der es veranlaßt, daß die Klappen ihre Oberflächen, oder jeden erforderlichen Theil derselben, dem Winde zukehren.

Fig. 3 stellt eine Reihe solcher Klappen vor, von denen die A A gegen den Wind gekehrt sind und ihre Oberflächen rechtwinklig auf demselben stehen. B B zeigt dagegen die Klappen in solcher Stellung, daß die Kanten gegen den Wind gekehrt sind, so daß derselbe nur auf diese wirken kann. In der Abbildung liegt die Windruthe in der Mitte des Flügels; jedoch ist es einleuchtend, daß sie auch eben so gut, wie es gewöhnlich der Fall ist, auf der Seite liegen kann.

Digitized by Google

Fig. 4 ist ein Durchschnitt durch die Flügelwelle, welcher den Apparat zur Regulirung der Klappen verdeutlicht. A ist die Flügelwelle, durch deren Arenlinie eine Höhlung geht, die zur Aufnahme einer eisernen Stange B dient, welche sich frei darin bewegen kann. Das eine Ende dieser Stange hat eine kugelförmige Verstärkung, welche sich in einer Büchse c dreht, so daß die Stange vor- und rückwärts geschoben werden kann, und doch noch stets im Stande ist, sich umzudrehen. Die Büchse c ist an der Zahnstange D befestigt, deren Zähne in die des Getriebes E an der Spindel greifen, auf welcher die Scheibe F mit einer Rinne auf ihrer Peripherie zur Aufnahme des Seiles G, an welchem das Gewicht W hängt, befestigt ist. Dieses Gewicht dient dazu, die Einwirkung des Windes auf die Klappen zu reguliren, und kann nach der erforderlichen Betriebskraft ajustirt werden. Am andern Ende der Stange ist eine eiserne Platte K angebracht, und auf derselben sind die Gelenke L L befestigt, welche mit den Hebeln M M in Verbindung stehen und diesen gestatten, sich in einer krummen Linie zu bewegen, während die eiserne Stange B eine gerade Linie macht. N N sind zwei Stangen, um deren Enden sich die Hebel M M bewegen, welche die Bewegung der Stange B den Zahnstangen P P mittheilen. Diese Zahnstangen greifen in die Getriebe Q Q, an deren Are (nach der auf der Abbildung Fig. 4 dargestellten Methode) eine starke eiserne Kurbel C angebracht und an deren Ende eine Schieberstange S vorhanden ist. Jede Klappe hat einen kleinen, von ihr vorstehenden Hebel, der durch einen Stift mit dem Schieber verbunden ist, so daß durch die Bewegung des Schiebers die Klappen dem Winde einen verschiedenen Winkel entgegenstellen.

Eine dritte Methode, die Klappen zu reguliren, ist in Fig. 5 dargestellt, an der sie, statt der Hebel, Getriebe haben, in welche die Zähne der Zahnstange T greifen und die Bewegung veranlassen.

Die Wirkungsart dieses Apparats ist leicht einzusehen. Man nehme an, daß das Seil G so niederwärts gezogen wird, daß die Scheibe F ungefähr drei Viertel von einer Umdrehung macht. Das Getriebe E setzt die Zahnstange D und die Stange B in Bewegung und bringt die Hebel in die Stellung, welche die punktirten Linien andeuten. Die

Zahnstange P P wird nun die Getriebe so gedreht haben, bis die Schieber S oder T (je nach der angewendeten Methode) die Klappen in solche Stellung bringt, daß ihre ganze Oberfläche dem Winde entgegen steht. Wird daher an das Seil G ein Gewicht gehängt, so wird es die Oberfläche der Klappen gegen den Wind halten, bis dessen Stärke hinreicht, das Gewicht zu heben, worauf die Klappen mehr oder weniger geöffnet werden, bis der Druck auf der geneigten Oberfläche so vermindert ist, daß er dem Gewicht das Gleichgewicht hält. Dadurch wird die Kraft des Windes, welche über diejenige hinaus ist, die das Gewicht hebt, seine Geschwindigkeit nicht vermehren, und es wird ein, auf andere Weise nie zu erreichender Grad der Regelmäßigkeit erlangt werden.

Man hat noch mehre Methoden erfunden, die Segel der Windmühlen mit dem Winde gleichzustellen; jedoch sind die beschriebenen die einzigen, welche in praktischen Gebrauch gekommen sind, und dieser ist sehr beschränkt, da die Kosten und das Zusammengesetzte eines solchen Apparates seine allgemeine Anwendung verhindern.

Bei den bis jetzt beschriebenen Windmühlen drehen sich die Flügel, wie schon bemerkt, in einer vertikalen (oder fast vertikalen) Ebene um; bei den sogenannten horizontalen Windmühlen findet gerade das Entgegengesetzte statt; die Flügel bewegen sich hier in einer wagrechten Fläche. Ihre Einrichtung kann für diesen Zweck sehr verschieden, muß aber doch immer so sein, daß der Wind nur auf einer Seite Widerstand findet, weil sonst die nach entgegengesetzten Richtungen wirkenden Stöße einander aufheben würden.

Die horizontalen Windmühlen haben zwar den Vortheil, daß sie nie nach dem Winde gerichtet zu werden brauchen und zu ihrer Bewegung eine etwas geringere Kraft erfordern; dagegen wird bei ihnen der Stoß des Windes bei weitem nicht so zweckmäßig benutzt, als dieß bei den vertikalen Mühlen der Fall ist, weßhalb diese bei weitem den Vorzug verdienen. Aus diesem Grunde, und weil eine gute Einrichtung ihrer Flügel große Schwierigkeiten hat, werden die horizontalen Windmühlen nur in wenigen Fällen angewendet, und wir können daher ihre specielle Beschreibung gänzlich übergehen.

Sechstes Capitel.

Von den Wasserrädern.

Wir haben bereits weiter oben bei dem Abschnitte von den Kräften bemerkt, daß das Wasser, als eine solche, zur Treibung eines Rades auf eine zweifache Weise angewendet werden könne. Es werden nämlich entweder die Schaufeln des Rades der Bewegung des fließenden Wassers so entgegengesetzt, daß dasselbe unterhalb der Radwelle diese Schaufeln trifft; oder das Wasser kann oben auf ein Rad geleitet und in Kasten (Zellen) geführt werden, welche sich an dem Umfange desselben befinden. Das Gewicht des Wassers, welches im letztern Falle auf der einen Seite des Rades wirkt, veranlaßt, daß sich dasselbe bewegt und eine Kraft ausübt. Hieraus folgt auch die Eintheilung aller Räder, in unterschlächtige oder oberschlächtige, oder auch mittelschlächtige. Bei den erstern wirkt das Wasser blos durch seinen Stoß, bei den zweiten fällt es auf das Rad und wirkt durch seinen Druck, und bei den mittelschlächtigen Rädern wirkt es durch beides. Die unterschlächtigen Räder werden gewöhnlich an Flüssen mit geringerem Gefälle, die mittelschlächtigen an solchen mit größerem Gefälle, die oberschlächtigen Räder aber gewöhn-

Digitized by Google

lich an kleinen Flüssen und Bächen, wo das vorhandene Gefälle den Durchmesser des Rades übersteigt, angewendet. Auch an Teichen, durch welche man ein künstliches Gefälle erlangen kann, legt man gewöhnlich oberschlächtige Räder an.

Sonst construirte man die Wasserräder nur aus Holz, und dieß ist auch jetzt noch gewöhnlich der Fall. In England und hin und wieder auf dem Festlande sieht man es jedoch vor, sie aus Eisen zu erbauen, und besonders ist dieß für Hüttenwerke und besonders da, wo gute Gießereien in der Nähe sind, sehr zweckmäßig. Sollen oberschlächtige Räder aus Eisen erbaut werden, so gießt man die beiden Kränze entweder aus dem Ganzen (bei kleinern Rädern), oder man gießt einzelne Theile derselben und schraubt dieselben zusammen, wie bereits weiter oben bei den Schwung- und den gezahnten Rädern gesagt worden ist. Mit den Kränzen werden die Arme mittelst Schrauben verbunden; beide Kränze werden in gewissen Entfernungen von einander, welche der Breite des Rades entspricht, an der Welle befestigt, und die Schaufeln, so wie der Boden, werden ebenfalls mit den Kränzen verbunden, um das Rad vollständig zu machen. Wir kommen jedoch darauf zurück.

Oberschlächtige Räder (overshot Wheels, engl., Roues à augets, franz.) werden, wie bemerkt, besonders da angewendet, wo ein höheres Gefälle bei geringern Wasserkräften vorhanden ist, wo demnach dem Wasser eine größere Geschwindigkeit gegeben werden, wo es also durch seine Schwere wirken kann. Dieß ist besonders in Gebirgsgegenden der Fall, wo das Wasser noch in mehren Bächen und kleinen Flüssen vertheilt ist, die sich erst in den Ebenen, wo dagegen das Gefälle nur gering sein kann, zu mehr oder weniger großen Flüssen vereinigen, deren Wasser dann mittelst unterschlächtiger Räder durch den Stoß wirkt. Ein Haupttheil der oberschlächtigen Räder sind die Schaufeln, von deren Form und Einrichtung die punctirten Linien in, Fig. 1, Taf. VIII, einen Begriff geben, und auf deren genauere Beschreibung wir sogleich zurückkommen.

Eine nur oberflächliche Betrachtung der Beschaffenheit und der Wirkungsweise der oberschlächtigen Wasserräder wird hinreichend sein, um den Leser von der Unmöglichkeit zu überzeugen, die Schaufeln so zu construiren, daß sie vollkommen mit Wasser gefüllt bleiben können, bis sie den niedrigsten Stand des Radumkreises erreicht haben. Anfänglich legte man die Schaufeln in die Verlängerung des Halbmessers des Rades, wie bei dem unterschlächtigen Rade, Fig. 5; allein hierbei kann sich das Wasser ganz natürlich nur so lange in den Schaufeln anhalten, bis daß diese eine horizontale Lage erreicht haben. Man verfiel daher bald darauf, die Schaufeln unter einen Winkel so einzusetzen (fg, Fig. 3), daß das Wasser zwischen ihnen und den Boden einfallen kann. Soll nun das Wasser lange im Rade bleiben, so muß der Winkel, welchen die Schaufeln mit der Peripherie machen, sehr klein sein, welches aber den Nachtheil hat, daß die Schaufeln den Boden nur in bedeutender Entfernung erreichen, daß die benachbarten Schaufeln einander zu nahe kommen, daß die Zellen sehr eng werden, das Rad selbst aber zu schwer wird. Um diese Nachtheile zu heben, macht man daher die Schaufeln

aus zwei Theilen oder gebrochen, wie GOF, Fig. 3, und nennt den obern Theil GO, die Stoß- oder Setzschaufel, und den untern Theil OF die Kropf- oder Riegelschaufel, den Raum zwischen zwei Schaufeln aber die Zelle.

Wir betrachten die Construction der Schaufeln noch etwas näher. — Denken wir uns AM als einen Theil von dem Kranze eines Rades mit 40 Schaufeln, und werde der Bogen BO mit dem Namen des Theilrisses bezeichnet. Die Gestalt einer Zelle zeigt GOFABCD; der Boden derselben AF muß $^{2}/_{3}$ von AE, der Breite des Radkranzes, und die Kropfschaufel AB muß $^{1}/_{2}$ von AE betragen. Der Theil BC von der Stoßschaufel muß eine solche Neigung zu der Kropfschaufel AB haben, daß HC, senkrecht auf AHF bei H stehend, $^{5}/_{6}$ von AE sein muß. Der Theil CD der Stoßschaufel muß eine solche Neigung zu BCn haben, daß Dn = $^{1}/_{6}$ von En ist. Gewöhnlich haben die Stoßschaufeln aber eine gerade Richtung BCn, denn die gebogene BCD läßt sich nur dann gut anbringen, wenn die Schaufeln aus Blech angefertigt werden.

Aus dieser Construction folgt, daß die Oberfläche HABC fast gleich der von DABC ist, so daß das den Raum HABC füllende Wasser gänzlich in der Zelle enthalten sein wird, wenn sie in eine solche Lage kommt, daß AD eine horizontale Linie bildet. Die Linie AB wird alsdann einen Winkel von 35° mit der Senkrechten bilden, oder die Zelle wird 35° von der senkrechten durch die Bewegungsaxe gehenden Linie ausmachen. Geht die Zelle so viel weiter nieder, daß die Hälfte des Wassers herausläuft, so macht die Linie AB einen Winkel von ungefähr 24 $^{1}/_{2}$° mit der Senkrechten. Daher wird das auf die erwähnte Weise mit Wasser angefüllte Rad dasselbe auszugießen beginnen, wenn es ungefähr $^{1}/_{4}$ Durchmesser von dem niedrigsten Punkte entfernt ist, und die unterste Zelle wird ungefähr die Hälfte des Wassers verloren haben, wenn der Stand ungefähr $^{1}/_{20}$ des Durchmessers niedriger ist. Wären die Zellen in einem stärkern Verhältniß durch das Gerinne mit Wasser angefüllt, so würden sie sich in einer größern Höhe von dem niedrigsten Punkte entleeren und es würde ein größerer Theil des ganzen Wassergefälles verloren gehen. Bei der obigen Construction beträgt der Verlust weniger als $^{1}/_{100}$, vorausgesetzt, daß das Wasser in die obersten Schaufeln einfällt, und kann zu ungefähr $^{1}/_{12}$ angenommen werden; denn es verhält sich dieser Verlust wie der sinus versus des Winkels, welchen der Radius der Zelle mit der Senkrechten macht.

Der sinus versus von 25° ist 0,18085 oder ungefähr $^{1}/_{5}$ des Halbmessers, oder $^{1}/_{10}$ des Durchmessers. Hatte nun jede Zelle nur die Hälfte des Wassers von dem Zuführungsgerinne erhalten, so würde es dasselbe um 10° von einer Umdrehung mehr behalten, und der Verlust des Gefälles.

Eine andere Methode der Radconstruction besteht darin, daß man den Theilriß in die Mitte der Kränze setzt, so daß die innern und die äußern Theile der Zellen fast gleichen räumlichen Inhalt haben. Bei Hammerwerken und mehren andern Maschinen kommt man nämlich in den Fall, das Rad zu einer Zeit mit einer größern, zu einer andern Zeit aber mit einer kleinern Kraft zu betreiben, wobei jedoch die Bedingung, daß das Wasser stets nach der Richtung der Setzschaufel in das Rad einfalle, beibehalten werden

Digitized by Google

muß. Es ist ersichtlich, daß dieß Bedürfniß nur durch die einzulassende Wassermenge und durch das höhere und niedrigere Aufziehen der Schütze erfüllt werden kann. Es ist für alle solche Fälle nothwendig, die Radschaufeln nicht bis zu $^2/_3$ der Höhe der Radkränze, sondern weniger anzufüllen, um dadurch den Arbeiter in den Stand zu setzen, durch ein höheres Aufziehen der Schütze die Wirkung des Rades nach Bedarf zu vermehren. Dabei muß die Breite der Schaufelung gehörig vermehrt werden, wie denn überhaupt als Regel anzunehmen ist, daß in allen Fällen, wo es darauf ankommt, das Gefälle möglichst zu benützen, es vortheilhaft ist, die Zellen nicht ganz anzufüllen und daher das Fehlende am Inhalt durch die Weite der Radkränze zu ersetzen. Dieser Satz wird durch eine Beobachtung des verewigten Ritters F. J. v. Gerstner an Hammerrädern bestätigt. Er ließ das Aufschlagewasser durch Herablassen der Schützen bis zur Hälfte der Oeffnungsflächen vermindern, und bemerkte, daß der Hammer, der vorher 68 bis 70 Schläge in der Minute gemacht hatte, nun 42 bis 48 machte. Die wirksame Wassersäule war daher durch Verminderung der Aufschlagewasser um den vierten oder dritten Theil vermehrt worden, und es kann folglich durch eine angemessene Erweiterung der Radkränze derselbe Effect mit einem geringern Wasserzufluß bewirkt werden. Dieß ist für Gegenden, wo die Hämmer, vorzüglich in Sommermonaten wegen Wassermangel eine längere Zeit hindurch stehen müssen, sehr wichtig.

Ueber die zweckmäßigste Bauart der Zellen ist im Allgemeinen Folgendes zu bemerken: Die Zellen sollen

1) so beschaffen sein, daß sie das Wasser leicht und ohne Hinderniß von oben aufnehmen, dasselbe bis zum niedrigsten Punkte des Rades behalten, dort aber ganz ausschütten. Man wird leicht einsehen, daß dieselben einfachen Mittel, welche der leichtern Aufnahme des Wassers von oben zuträglich sind, auch unterhalb das zu frühe Ausschütten befördern, daß also die Vermehrung der Wirkung an der obern Seite zugleich mit einer Verminderung an der untern Seite verbunden ist. Um eine große Wirkung hervor zu bringen, sollen die Zellen

2) viel Wasser aufnehmen können, ohne dadurch mit Schaufeln überladen und zu schwer zu werden. Macht man in dieser Absicht die Entfernung der Schaufeln groß, so wird das Rad zwar leicht, aber dasselbe erhält nur wenige Zellen und kann demnach nicht mehr Wasser aufnehmen, als diese geringe Anzahl zu fassen vermag. Stellt man dagegen die Schaufeln nahe zusammen, so erhält man viele Zellen, aber ihr Inhalt wird klein, das Rad wird mit Holz (oder mit Eisen, wenn die Schaufeln aus diesem bestehen) überladen und schwer, und für das Wasser bleibt abermals zu wenig Raum übrig.

Die Breite der Radkränze beträgt im Verhältniß zu der Höhe und Breite der Räder 9 bis 12 Zoll; bei den breitern darf aber der Theilriß nicht, wie gewöhnlich (Fig. 3, Taf. VIII) auf ein Drittheil, sondern auf die Mitte des Kranzes gesetzt werden, weil sonst ein Verlust am Gefälle entsteht.

Bei der Berechnung der Wassermenge, die ein Rad aufzunehmen vermag, muß von der Fläche ABnF, Fig. 3, der Flächeninhalt der Setz- und der Kropfschaufel abgezogen werden, und es folgt daher, daß die Schaufeln selbst

so dünne gemacht werden müssen, als es die nöthige Festigkeit nur immer erlaubt. Man befördert diesen Zweck wesentlich, wenn die Schaufeln von Eisenblech angefertigt werden, da man einsehen wird, daß gußeiserne, die auch hin und wieder angewendet worden, um die nöthige Festigkeit zu erreichen, bedeutend stärker sein müssen. Wir bemerkten schon weiter oben, daß Räder, deren Kränze von Gußeisen, deren Arme von Guß- oder Stabeisen, deren Wellen nebst den sie umgebenden Kränzen zur Einsetzung der Arme aus Gußeisen und deren Schaufeln endlich aber aus gewalztem Eisenblech bestehen, in England ziemlich allgemein und auch in Frankreich und Deutschland nicht selten seien. Die Fig. 1, 2, 4, 5, Taf. VIII, so wie die Fig. 6, Taf. VII, und die Taf. IX und X, zeigen uns Abbildungen solch eiserner Räder, sowohl ober- als unterschlächtiger. Bei andern Rädern sind Wellen, Arme oder Speichen und Radkränze von Eisen, die Schaufeln aber von dünnen Brettern, oder man macht auch wohl die Räder von Eisen und befestigt sie an hölzernen Wellen. So wird z. B. eine Fabrik in Mancheſter durch ein eisernes Rad von 60 Fuß Höhe, 12 Fuß Breite und einem Gewicht von 60 Tonnen (1200 Centnern), welches mit einer Kraft von 120 Pferden wirkt, in Bewegung gesetzt; auch in der Schweiz, namentlich in und in der Gegend von Zürich und in Frankreich findet man viele solcher Räder, welche unerachtet ihres hohen Preises außerordentlich vortheilhaft sind. Kropf- und Riegelschaufeln bestehen aus einem Stück Blech, welches gebogen ist, oder aus einem Stück Gußeisen. Wir werden weiter unten noch die specielle Beschreibung eines solchen Rades mittheilen.

Geschwindigkeit eines oberschlächtigen Wasserrades. — Es ist dieß ein sehr wichtiger und große Aufmerksamkeit erfordernder Gegenstand, hinsichtlich dessen verschiedene Mechaniker zu verschiedenen Resultaten gelangt sind. Der Theorie nach leistet ein oberschlächtiges Rad um so mehr, je langsamer es umgeht. Um dieß auf allgemein verständliche Weise deutlich zu machen, verfahren wir auf folgende Weise. Wir wollen annehmen, daß ein Rad dreißig Zellen habe und daß in einer Secunde sechs Kubikfuß Wasser zu dem höchsten Punkt des Rades gelangen und ohne irgend einen Verlust von den Schaufeln aufgenommen werden. Ist dieß der Fall, so haben die Zellen, sei die Geschwindigkeit des Rades auch, welche sie wolle, hinreichende Größe, um alles in dieselben fallende Wasser zu halten. Nehmen wir ferner an, daß das Rad angewendet werde, um irgend ein Gewicht, z. B. Wasser mittelst einer Kette von 30 Kasten (Kastelwerk), zu derselben Höhe und mit derselben Geschwindigkeit empor zu heben. Wir wollen fernerhin annehmen, daß, wenn die Last an der aufsteigenden Seite der Maschine die Hälfte von der des Rades ist, das Rad vier Umgänge in einer Minute, oder einen Umgang in fünfzehn Secunden macht. Während dieser Zeit sind 90 Kubikfuß Wasser in die dreißig Zellen geflossen und eine jede hat drei Kubikfuß aufgenommen. In diesem Falle enthält jeder von den emporsteigenden Kasten $1\,^1/_2$ Kubikfuß, und es werden demnach während eines Radumganges 45 Kubikfuß in den obern Sammelkasten ausgegossen, oder 180 Kubikfuß in einer Minute.

Machen wir nun die aufsteigenden Kasten größer, so daß das Wasserrad nur zwei Umgänge in einer Minute

Digitized by Google

oder einen in dreißig Secunden macht, so muß jede Radzelle sechs Kubikfuß Wasser aufnehmen können. Enthält nun jeder aufsteigender Kasten des Kastelwerks drei Kubikfuß Wasser, so ist die Bewegung der Maschine dieselbe wie vorher. Unsere Maschine würde daher fortfahren, vier Umgänge in einer Minute zu machen, und würde bei jedem 90 Kubikfuß oder in der Minute 360 Kubikfuß emporheben. Nun wollen wir aber annehmen, daß das Rad nur zwei Umgänge in einer Minute mache, die eine Folge von einer schwerern Belastung als drei Kubikfuß Wasser für jeden emporsteigenden Kasten sind, so muß die Maschine bei einem Umgange des Rades mehr als 90 Kubikfuß Wasser und mehr als 180 in einer Minute heben. Es scheint daher, daß, wenn sich die Maschine mit der Hälfte der Geschwindigkeit als vorher bewegt, mehr als das Doppelte von der vorherigen Quantität in den emporsteigenden Kästen vorhanden ist und daß mittelst desselben Kraftaufwandes in einer Minute mehr emporgehoben wird. Geht nun die Maschine dreimal langsamer, so muß mehr als das Dreifache von der vorherigen Quantität in den aufsteigenden Kästen vorhanden, und es wird daher die Wirkung bedeutender sein.

Diese Bemerkungen werden hinreichend seiu, im Allgemeinen die Vortheile einer langsamen Bewegung darzuthun; allein sie zeigen dagegen, wir müssen es gestehen, durchaus nicht das Verhältniß zwischen der Geschwindigkeit der Bewegung und dem Effect, und eben so wenig auch das Prinzip, von welchem es abhängt. Es ist übrigens einleuchtend genug, daß in der Natur der Dinge kein Maximum des Effects mit irgend einem bestimmten Verhältniß der Bewegung verbunden ist. Alles, was wir daher zu thun haben, besteht darin, die Maschine zu belasten und dadurch ihre Geschwindigkeit zu vermindern, bis daß andere physikalische Umstände ins Spiel treten, und dieß muß nothwendig der Fall sein. Bei dem Gange eines Rades und eines Getriebes, und wenn beide auch mit der größten Umsicht und Genauigkeit angefertigt worden sind, können Ungleichheiten durchaus nicht vermieden werden und diese steigen mit der Veränderung der durch Abnutzung veranlaßten Form, und alle Unregelmäßigkeiten dieser Art werden bei einer langsamen Bewegung und bei einer großen Belastung merklicher, als bei großen Geschwindigkeiten und bei geringer Belastung, und so stecken uns praktische Mängel hier, so wie in andern Fällen ein Ziel, und wir können auf der einen Seite nicht Vortheile verfolgen, ohne auf der andern nicht auch Nachtheile mit aufzunehmen. Die große Frage ist daher die, den Punkt zu bestimmen, wo das Maximum der Wirkung hervorgebracht wird, und da dieß so sehr von den Umständen abhängt, so kann man ihn nur bestimmen, wenn diese Umstände bekannt sind; und dann ist es nur der erfahrne Maschinenbaumeister zu thun im Stande. Alle Berechnungen über den Gegenstand sind vergeblich und nutzlos. Die folgenden Bemerkungen werden dagegen für den Praktiker von Nutzen sein.

Von dem Maximum der Belastung. — Die größte Belastung für ein oberschlächtiges Wasserrad ist die, welche dessen Peripherie auf seine ihm eigenthümliche Geschwindigkeit reducirt. Man erlangt dieß, wenn man die in einer gewissen Zeit zu leistende Wirkung durch den Raum dividirt, welcher von der Peripherie des Rades in derselben Zeit durchlaufen werden soll und der in Frage

stehenden Belastung, mit Einschluß der Reibung und des Widerstandes der Maschinerie, gleich ist.

Die größte Geschwindigkeit, deren ein oberschlächtiges Rad fähig ist, hängt vereint von dem Durchmesser oder der Höhe des Rades und von der Geschwindigkeit fallender Körper ab; denn es ist klar, daß die Geschwindigkeit der Peripherie nie größer sein kann, als eine halbe Peripherie zu beschreiben, während ein von dem obersten Punkt herabfallender Körper den nicht so großen Durchmesser beschreibt, weshalb der Zeitunterschied stets zu Gunsten des Durchmessers ist. Nehmen wir daher den Durchmesser eines Rades zu 16 Fuß 1 Zoll an, so würde ein schwerer Körper diesen Raum in einer Secunde durchfallen; jedoch kann ein solches Rad diese Geschwindigkeit nie erlangen, und einen Umgang in zwei Secunden machen, und eben so wenig kann irgend ein oberschlächtiges Rad sich einer solchen Geschwindigkeit nur nähern. Nachdem nämlich ein Rad eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat, kann ein Theil des Wassers nicht in die Zellen gelangen, und ein anderer Theil wird durch die Centrifugalkraft herausgeschleudert. In der Theorie können wir annehmen, daß ein Rad im Stande sey, jeden Widerstand zu überwinden; in der Praxis aber ist es erforderlich, dem Rade und den Zellen eine gewisse bestimmte Größe zu geben, und wir werden stets finden, daß das Rad durch eine solche Belastung aufgehalten wird, die gleich der Wirkung des Wassers in allen Zellen des halben Umkreises ist. Dieß kann durch die Structur der Zellen selbst geschehen; in der Praxis wird aber ein oberschlächtiges Rad lange vorher schon unwirksam; denn wenn es solchen Widerstand findet, daß seine Geschwindigkeit bis zu einem gewissen Grade vermindert wird, so erlangt es eine unregelmäßige Bewegung; dieß ist aber nie der Fall, so lange die Geschwindigkeit an der Peripherie weniger als 2 Fuß in der Secunde beträgt, wenn der Widerstand gleichförmig ist. Eine Höhe des Rades von 50 bis 60 Fuß ist aber das Maximum, welches man durch hinlängliche Erfahrung, besonders beim Bergbau, erkannt hat, weil die Construction höherer Räder mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden ist.

Die Construction der Wasserräder ist in neuerer Zeit so sehr verbessert und ist für das Maschinenwesen von so großer Wichtigkeit, daß wir es nach diesen allgemeinen Bemerkungen für sehr zweckmäßig halten, die genaue Beschreibung von einem oberschlächtigen Rade zu geben, welches im Jahre 1830 von dem engl. Ingenieur John Hall für die Königl. Porzellanmanufaktur zu Sèvres bei Paris zum Betrieb der Schlemmwerke ꝛc. erbaut worden ist. Es besteht gänzlich aus Gußeisen, Stabeisen und Eisenblech, seine Construction ist bei bedeutender Größe sehr leicht, fest und elegant, sein Nutzeffect verhältnißmäßig sehr bedeutend. Wir entlehnen die Beschreibung aus dem Portefeuille industriel, I. 327 etc., und theilen auch die Einzelnheiten der Construction mit, da gußeiserne Räder in Deutschland, selbst auch auf Eisenhütten, noch immer nicht so häufig angewendet werden, wie sie es verdienen. Wir beschreiben zuvörderst das Rad und untersuchen dann den Nutzeffect, welchen es leistet, wobei wir die Geschwindigkeit und die Menge der Aufschlagewasser berücksichtigen, und die Principien angeben, nach denen man die Verhältnisse der Räder in Folge der Menge des Wassers verändern muß.

Digitized by Google

Die Welle AA des Rades ist in den Fig. 1, 2 und 3, Taf. IX, und in den Fig. 4, 5 und 6, Taf. X, dargestellt. Die Fig. 4 ist ein Aufriß, die Fig. 5 eine Ansicht vom Ende, die Fig. 6 ein Querdurchschnitt in der Mitte der Länge. Diese Welle besteht aus Schmiedeeisen und aus einem Stück; die Rippen b geben ihr die ganze natürliche Stärke. Sie laufen in die Verstärkungen B und B′ aus, und gegen diese letztern stützen sich die Ringe oder Naben. Die schwächern Enden der Welle sind die Zapfen, um welche sie sich in den Zapfenlagern bewegt.

Eins von den Zapfenlagern (Coussinets, franz.) ist in den Fig. 7, 8 und 9 dargestellt. Fig. 7 ist ein Grundriß des untern Stücks C, Fig. 8 ein Grundriß des obern Stücks oder Deckels D und Fig. 9 ein Aufriß des Ganzen. In Fig. 7 sind die länglich runden Löcher c angegeben, durch welche das Zapfenlager C auf dem Angewelle befestigt wird. Die mit Schraubengewinden versehenen Löcher c′ sind zur Aufnahme der Schrauben d′ bestimmt (Fig. 9). In Fig. 8 sieht man die Ausschnitte, mittelst deren die Schrauben d′ den Deckel D in seiner Lage erhalten, so wie auf die viereckige Oeffnung, welche zum Schmieren dient.

Der eine von den Ringen oder Naben (Moyeux, franz.) ist in den Fig. 10, 11 und 12 dargestellt. Fig. 10 ist ein Aufriß von vorn, Fig. 11 eine Seitenansicht und Fig. 12 ein Durchschnitt nach der gebrochenen Linie 1—2 der Fig. 10. Die Ringe werden mittelst der Büchse F auf die Welle geschoben. Diese ist mit vier Rinnen f versehen, welche in die Enden der Rippen greifen. Besser ist es noch, wenn die Welle ähnliche Rinnen hat, wie der Ring und in beide dann Keile getrieben werden, welche die Stücke sehr fest verbinden. Die Peripherie des Ringes ist mit 16 cylindrischen Löchern versehen, von denen 8, f′ eine senkrechte Richtung zur Welle, 8 aber f″ eine schiefe Richtung zu derselben haben, welcher Winkel um so größer oder kleiner, je breiter oder schmäler das Rad in der Schaufelung ist. Die geraden und schiefen Löcher wechseln mit einander ab und sind in gleichen Zwischenräumen auf der ganzen Peripherie des Ringes vertheilt, und um den Speichen oder Armen, welche sie aufnehmen sollen, einen hinlänglich festen Punkt zu gewähren, ohne das Gewicht der Ringe unnütz zu vermehren, hat man demselben rings um die Löcher Verstärkungen gegeben. Acht derselben, F′, durch welche die senkrechten Löcher gehen, sind theils über, theils unten dem Ringe vorhanden, die andern aber, für die schiefen Löcher, F″, nur unter dem Ringe.

Nachdem die Ringe oder Naben auf dem Rade gehörig und in einer genau richtigen Stellung befestigt worden sind, bringt man nach und nach die Radkränze an, welche die Schaufelung und die Zähne tragen, mittelst welcher letzterer die Bewegung des Rades fortgepflanzt wird.

Beide Radkränze (Couronnes, franz.) sind einander ganz gleich; jedoch beschreiben wir vorzugsweise denjenigen, welcher mit der Verzahnung versehen ist, weil er von Distanz zu Distanz Löcher und kleine Vorsprünge hat, welche an dem andern Kranz nicht nöthig sind.

Die Peripherie des Kranzes ist in acht gleiche Theile getheilt, welche man Felgen nennen kann. Eine von denselben, GG, ist unter verschiedenen Ansichten in den Fig. 13, 14, 15 und 16 dargestellt: Fig. 13 ist ein Aufriß von der innern Seite, Fig. 14 eine Ansicht von der äußern Seite, Fig. 15 eine innere Ansicht in der Ebene des Kranzes selbst und Fig. 16 eine äußere Ansicht, in derselben Ebene genommen. Nimmt man nun an, daß dieser Theil des Kranzes allein an seinen Platz gebracht worden, so denkt man sich, daß er in Fig. 13 von Innen und parallel mit der Welle betrachtet werde, in Fig. 14 von Außen, ebenfalls parallel der Welle, in Fig. 15 von Innen des Rades heraus und in senkrechter Richtung von der Welle, in Fig. 16 endlich von Außen und in derselben Richtung. Die in den Fig. 17, 18 und 19 dargestellten drei senkrechten Durchschnitte vollenden es, einen vollständigen Begriff von diesem wichtigen Stück zu geben. Der erste Durchschnitt (Fig. 17) ist nach der Linie 3—4 gemacht, und zeigt den Befestigungspunkt des geraden Arms; der zweite (Fig. 18) ist nach der Linie 5—6 gemacht und hat den Zweck, den Befestigungspunkt des schiefen Radarms zu zeigen; der dritte (Fig. 19) endlich ist nach der Linie 7—8 (Fig. 14) gemacht, und zeigt die Vorsprünge H′, an denen die Schaufeln befestigt werden, und auch die Lappen n n, welche zur Befestigung der Verzahnung dienen.

Das Kranzstück GG ist mittelst eines geraden Arms, L (Fig. 20 und 21) und mittelst eines schiefen, L′ (Fig. 22) befestigt. Man ersieht dieß auch aus den Fig. 1, 2, 3, welche Darstellungen des ganzen Rades geben, und aus den Fig. 23 und 24. Es hat zu dem Ende an seiner innern Seite die vorstehenden Theile H und H′, den einen von viereckiger, den andern von runder Gestalt. Die erstere dieser Erhöhungen, H, ist im Innern hohl und hat die Gestalt eines T (Fig. 13, 15 und 17), und die Höhlung ist genau so groß, um das obere Ende oder den Kopf l der Stange L (Fig. 20 und 21) aufzunehmen. Die andere, H′, hat ein rundes, mit Schraubengewinden versehenes Loch (Fig. 13 und 18), in welches der Kopf l′ des Arms (Fig. 22) geschroben wird. Damit sich derselbe nicht losschrauben kann, ist er noch mit einem Splett befestigt; man sieht die zu dem Ende einander correspondirenden Löcher zur Aufnahme des Splettes in Fig. 18 und 22. Die geradstehende Stange geht mit ihrem untern Ende durch eins von den geraden Löchern in dem, dem Kranze correspondirenden Ringe (Taf. IX, Fig. 3) und ist dort mittelst einer Mutter und einer Gegenmutter befestigt. Der schiefe Arm geht durch eins von den schiefen Löchern der Nabe (Taf. IX, Fig. 3) und ist dort auf dieselbe Weise befestigt, wie der gerade Arm.

Die übrigen Kranzstücke sind auf dieselbe Weise mit der Welle verbunden, und man sieht in den Fig. 13, 14, 15 und 16, wie leicht es ist, die Kranzstücke darauf unter einander sehr fest, mittelst eiserner Bolzen und Schrauben, zu verbinden, indem die Enden g der verschiedenen Stücke übereinander greifen.

Wenn die Kränze an ihre Stelle gebracht und sowohl mit einander als auch mit den Naben verbunden, und die Muttern so angezogen worden sind, so daß das Ganze vollkommen fest ist, so schreitet man zur Befestigung des Bodens und der Schaufeln.

Der Boden kommt unten hin und wird gegen die Ränder 11 befestigt, die an die Kränze angegossen worden sind. Die Stärke derselben ersieht man aus den Fig. 13, 18 und 19, so wie ihr Vorspringen aus den Fig. 15, 18 und

Digitized by Google

19; man kann selbst auf den letztern Figuren auch den kleinen Falz wahrnehmen, in welche die Blechstärke zu liegen kommt. Die Bolzen i', i', i', (Fig. 13), deren Köpfe innerhalb der Schaufelung und deren Muttern außerhalb befindlich sind, dienen zur Befestigung des Bodens und sind rings um den Rand 11 jedes Kranzes angebracht; in der Fig. 15 nimmt man die Löcher i, i, i wahr, durch welche die Bolzen gehn.

Die Schaufeln bestehen, wie der Boden, aus Blech. Zu ihrer Aufnahme dienen die Leisten 11, Fig. 13, welche an die Kränze gegossen sind und die sich an den verschiedenen Kranzstücken beider Seiten vollkommen correspondiren. Nachdem die Blechstücke die gehörige Form und Größe erhalten haben, werden sie gegen die Leisten geschoben, wo sie auf dieselbe Weise befestigt werden, wie der Boden, d. h. durch eine gehörige Anzahl Schraubenbolzen, wie man in Fig. 13 sieht.

Das große gezahnte Rad, welches die Bewegung des Wasserrades fortpflanzt, ist ebenfalls in acht Stücke oder Felgen getheilt, welche gegen denjenigen der beiden Kränze passen, welcher zu seiner Aufnahme bestimmt ist. Die Dicke und die Breite dieser gezahnten Felgen ist in den Fig. 25, 26, 27 und 28 angegeben. Fig. 25 ist eine Seitenansicht; Fig. 26 eine Ansicht von Außen; Fig. 27 ein Durchschnitt nach der Linie 9—10, welcher die Verbindung der Felgen untereinander zeigt; Fig. 28 endlich ein Durchschnitt nach der Linie 11—12, welcher die Verstärkungsrippen n' und die Löcher m' zeigt, mittelst deren die Felge an dem Kranz befestigt wird. Wenn man die Lage der Löcher m' mit der der ihnen correspondirenden auf der Felge GG des Kranzes (Fig. 13 und 14) vergleicht, so wird man sehen, daß zwei auf einander folgende verzahnte Felgen zwischen den beiden Vorsprüngen nn, Fig. 14, zusammentreten. Man vereinigt die Stücke so, daß die Löcher m' mit den correspondirenden Löchern des Kranzes zusammenfallen und daß die Enden N (Fig. 25, 26, 27) von zwei benachbarten Felgen sich genau berühren und die Ränder n' (Fig. 25) gegen die correspondirenden Vorsprünge treten. Alsdann braucht man nur die Schraubenbolzen durchzustecken und die Muttern anzuziehen, worauf das große verzahnte Rad vollkommen centrirt ist und die verlangte Festigkeit besitzt.

Alle diese Einzelnheiten über die Zusammenfügung der Räder sind von großer Wichtigkeit und werden durch die Abbildungen des Ganzen, Fig. 1 bis 3, noch deutlicher werden.

Die Fig. 23 hat hauptsächlich den Zweck, die Verbindung der beiden senkrechten Arme mit den respectiven Kranzstücken darzustellen und zu zeigen, wie sie wirkliche Radien des Kranzes in einer senkrechten Richtung auf der Längenrichtung der Welle werden und wie sie in der Nabe befestigt sind. Man sieht, daß sie die Kranzstücke festhalten, daß sie dieselben nach dem Mittelpunkte ziehen und alle Fugen gegen einander drücken.

Die Fig. 24 zeigt dagegen, wie die beiden, einander gegenüber stehenden schrägen Arme in ihren respectiven Felgen eingeschroben und mit Spletten befestigt sind und wie jeder nach der entgegengesetzten Nabe geht, um dort in den schiefen Löchern befestigt zu werden. Diese Arme suchen

die beiden Kränze einander zu nähern, und da sie dieß wegen der Schaufeln und des Bodens nicht können, so halten sie dieselben doch fest zusammen und ihre schiefe Stellung verhindert jedes Schwanken des Rades parallel mit der Welle.

Die Fig. 1, 2 und 3 der Taf. IX endlich, stellen das ganze Rad in verschiedenen Ansichten dar. — In Fig. 1 ist die Hälfte des Rades, senkrecht auf die Wellen aufgeschnitten, dargestellt, und das Gerinne ist ebenfalls im Durchschnitt vorhanden, um den Schütz p mit den beiden Zahnstücken und mit den beiden Getrieben p', welche dazu dienen, jenen mehr oder weniger zu heben, zu zeigen; — in Fig. 2 ist das Rad so wie das Ende des Gerinnes in einer Ansicht von vorn dargestellt; — Fig. 3 ist ein Durchschnitt des Rades in der Richtung der Welle, um den Boden der bleibenden Hälfte und die Einrichtung der Arme zu zeigen.

Untersuchung des Nutzeffects, unter besonderer Berücksichtigung der Geschwindigkeit des Rades und der Menge der Aufschlagewasser. — Um den Nutzeffect des beschriebenen Rades als Beispiel zu untersuchen, bedürfen wir einiger sehr einfachen Formeln, deren Entwickelung jedoch nicht Gegenstand dieses rein praktischen Werks sein kann. Diese Formeln beruhen auf keiner Hypothese, sie sind nur der allgemeine und scharfe Ausdruck von beobachteten Thatsachen, und man kann daher die numerischen Resultate, zu denen sie geführt haben, mit vollem Vertrauen annehmen. Wir beschränken uns daher darauf, die Dimensionen des Rades anzugeben, ferner die Data, welche sie für den Calcul geben, und endlich einige Bemerkungen, wie die Resultate zu schätzen sind.

Dimensionen des Rades.

Breite des Rades zwischen den Schaufeln	0,82 Met.	(2' 7'/$_{2}$" Rh.)
Innerer Durchmesser oder von dem Boden der Schaufeln an	6,2 „	(19' 9" „)
Innerer Halbmesser . . .	3,1 „	(9' 10'/$_{2}$" „)
Innere Peripherie . . .	19,48 „	(60' 6'/$_{4}$" „)
Anzahl der Schaufeln . .	80	
Zwischenraum auf den einzelnen Schaufeln am Boden	0,24 „	(— 9'/$_{12}$" „)
Breite der Kränze oder Unterschied zwischen dem äußern und innern Halbmesser . .	0,18 „	(— 7" „)
Winkel, den die Schaufeln mit dem äußern Halbmesser des Rades machen	74°	
Höhe desjenigen Theils von der Schaufel, die nach dem Mittelpunkte zu gekrümmt ist, um zur innern Peripherie zu gelangen . . .	0,10 „	(4 Zoll).
Räumlicher Inhalt der Schaufel, wenn sie so angefüllt ist, daß das Wasser heraus zu fließen beginnt, wenn ihr noch 33' zu durchlaufen bleiben, um zu dem niedrig-		

Digitized by Google

sten Punkte zu gelangen . 12 Liter (10,44 preußische Quart*, oder 768 Kubikzoll, d. h. kein halber Kubikfuß).

Inhalt der Schaufel, wenn sie so angefüllt ist, daß das Wasser heraus zu fließen beginnt, wenn ihr noch 50° zu durchlaufen bleiben, um an den niedrigsten Punkt zu gelangen . . . . . 22 Liter (19 Quart, oder 1408 Kubikzoll).

Kraft der Aufschlagewasser und Lage des Gerinnes.

Ganze Höhe des Gefälles . . .	6,80	Met.	(21′ 8″)
Druck des Wassers vor dem Schütze	0,25	„	(— 9½″)
Geschwindigkeit des Wassers in einer Secunde, wenn es unter dem Schütz hervorkommt, um auf das Rad zu fallen	2,00	„	(6′ 4½″)
Kraft bei 25 Liter (1000 rhn. Kubikzoll) Wasser in der Secunde, nach Pferdekräften	2,267	Pferdekr.	
Bei 50 Liter (1 Kubikf. 1472 Kubikz.)	4,533	„	
„ 75 „ 2 „ 1244 „	6,8	„	
„ 100 „ 3 „ 1216 „	9,067	„	
„ 150 „ 5 „ 960 „	13,6	„	
„ 200 „ 7 „ 704 „	18,133	„	

Mit diesen Datas haben wir die folgenden Tabellen berechnet, welche die Kraft darstellen, die das Rad durch verschiedene Wassermengen erhält.

Tabelle über die Kraft, welche dem Rade durch 25, 50 und 75 Liter Wasser in der Secunde mitgetheilt worden ist.

Geschwindigkeit des Rades in Metern in 1 Secunde.	25 Liter in 1 Sec. Gefälle = 6,8 Mtr. Kraft = 2,267 Pfrd.			50 Liter in 1 See. Gefälle = 6,8 Meter. Kraft = 4,533 Pferd.			75 Litr. in 1 Sec. Gefälle = 6,8 Mtr. Kraft = 6.8 Pferd.		
	Dem Rade ertheilte Kraft nach Pferden.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Pferden.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Pferden.	Dem Rade ertheilte Kraft nach Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.
	Pfrde			Pfrde.			Pfrde		
½	1,96	86	14	3,76	83	17	—	—	—
¾	1,97	87	13	3,86	85	15	4,9	72	28
1	1,96	86	14	3,88	85	15	5,72	84	16
1½	1,93	85	15	3,83	85	15	5,70	82	18
2	1,89	83	17	3,73	82	18	5,55	80	20
3	—	—	—	—	—	—	5,10	75	25

* Das Liter ist ein Hohlmaaß, dessen Seite ein Decimeter: da nun ein Decimeter ungefähr = 4 rhein. Zoll, so ist ein Liter = 64 Kubikzoll rhein.

Wir wollen jetzt diese Resultate untersuchen, die erlangt worden sind, ohne die lebendige Kraft zu berücksichtigen, welche das Rad durch den Impuls des Wassers erlangt, in dem Augenblick, in welchem es auf jenen fällt. Diese lebendige Kraft, die dem Rade noch einigen Vortheil gewährt haben würde, muß in diesem Fall nothwendig unberücksichtigt bleiben, weil, wenn sie in theoretischer Hinsicht wirklich einen merklichen Werth zu Gunsten des Rades hat, derselbe in der Praxis doch gänzlich unmerklich ist.

I. Bei nur 25 Liter (1600 Kubikzoll) in der Secunde verbraucht das Rad eine bedeutende Menge von der gegebenen Kraft, weil es bis 87 Procent davon erhält und nur 13 Procent verloren gehen. Die Geschwindigkeit, welche dieses Maximum der Wirkung hervorbringt, beträgt ⅔ Meter (25⅓ rhn. Zoll) in der Secunde, welche Geschwindigkeit für die Praxis freilich etwas gering ist; allein es ist leicht einzusehen, daß der Nutzeffect sich mit Zunahme der Geschwindigkeit nur sehr gering vermindert, weil bei einer Geschwindigkeit von 2 Meter in der Secunde die verlorne Kraft erst 17 und die dem Rade wirklich ertheilte Kraft 83 Procent beträgt. Bei einer Geschwindigkeit von 3 oder 4 Metern würde dagegen die verloren gehende Kraft bedeutend zu werden beginnen. Sie ist nicht berechnet, weil dieß bei einiger Richtigkeit schwierig gewesen sein, und weil das Rad alsdann auch eine weit größere Geschwindigkeit haben würde, als das in die Schaufeln fallende Wasser, hauptsächlich weil man, da dieselben alsdann nur 1 oder 2 Liter Wasser enthalten, genöthigt gewesen sein würde, eine unsichere Hypothese über den Augenblick zu machen, in welchem das Wasser die Schaufeln verläßt.

Die Vortheile, welche das beschriebene Rad in diesem Falle darbietet, rühren zuvörderst daher, daß die Schaufeln eine solche Einrichtung haben, das Wasser fast zu dem niedrigsten Punkte des Gefälles zu behalten, da sie nur eine geringe Neigung zur Peripherie haben; dann auch daher, daß das Rad im Verhältniß zu der Quantität des Aufschlagewassers eine sehr große Breite hat.

Hätte man ein Rad für 25 Liter Aufschlagewasser in der Secunde zu construiren, so müßte man, ehe man ihm die vorliegende Breite von 0,82 Met. ertheilt, ermitteln, was man verlieren würde, wenn man ihm eine geringere Breite gäbe, und man würde demnach finden, daß für 0,82 Met. Breite, mit ⅔ Met. Geschwindigkeit es eine Kraft haben würde von 1,97 Pferden, für 0,41 Met. Breite, mit derselben Geschwindigkeit eine Kraft von 1,94 Pferden und für 0,27 Met. Breite, mit derselben Geschwindigkeit eine Kraft von 1,90 Pferden.

Man würde alsdann ohne Zweifel nicht anstehen, ihm eine geringere Breite zu geben, z. B. eine von 27 bis 30 Centimeter (10⅓ bis 11½ Zoll), indem alsdann die Erbauungskosten bedeutend vermindert würden, ohne etwas mehr als einige Hunderttheile von einer Pferdekraft zu verlieren. Demnach würde man bei 25 Liter Aufschlagewasser in der Secunde wohl die beschriebene und abgebildete Construction des Rades annehmen können, allein man müßte demselben nur 27 bis 30 Centimeter Breite geben.

Jedoch müßte man die Breite nicht über diese Grenzen hinaus vermindern, weil alsdann das Wasser in einem

Digitized by Google

zu dicken Strahl in die Schaufeln gelangen würde, die darin enthaltene oder mit fortgerissene Luft sich nur schlecht entwickeln und durch ihr Aufsprudeln einen Theil von dem Wasser verspritzen könnte. Es würde nur zwei Mittel geben, diesen Nachtheil zu vermeiden: entweder die Neigung der Schaufeln zu vermehren, damit sie einen stärkern Wasserstrahl aufnehmen können, oder die Spannung zu vermehren, um die Dicke des Strahls zu vermindern. In beiden Fällen würde ein Kraftverlust stattfinden, ungefähr von $^1/_{10}$, wenn man die Spannung des Wassers vor dem Schütz von 0,20 Met. auf 0,80 erhöhen, und den Radius des Rades von 3,1 auf 2,8 Meter vermindern wollte.

Jedoch gehen wir in keine weitere Discussion über den Gegenstand ein, sondern nehmen an, daß das ganze Gefälle stets gleich sei, d. h. 6,8 Meter, und daß wir unter der, dem Rade mitgetheilten Kraft diejenige verstehen, welche das Rad wirklich von dem Wasser erhält und welche dazu benutzt wird, die Reibung des Rades in seinen Zapfen, die übrige Reibung und den Widerstand, welcher den Nutzeffect bildet, zu überwinden. Würde das Rad z. B. zur Wasserhebung angewendet, so würden wir nicht sagen können, daß 100 Kilogr. Aufschlagewasser 87 Kilogr. Wasser auf die Höhe des Gefälles erheben würde, denn die letztere Größe würde noch um die ganze Kraft vermindert werden, welche dazu erforderlich ist, die ganze Reibung des Mechanismus von dem Rade und die des Wassers in den Saug- und Steigeröhren zu überwinden.

II. Bei 50 Liter Aufschlagewasser in der Secunde ist das Verhältniß der von dem Rade des Herrn Hall angewendeten Kraft immer noch sehr bedeutend; sie beträgt 85 Procent bei Geschwindigkeiten von $^2/_3$, 1 und $1^1/_2$ Met. in der Secunde. Ist sie bei Geschwindigkeiten von $^1/_2$ und von 2 Meter in der Secunde geringer, so rührt dieß daher, daß in dem erstern Fall die Schaufeln zu voll sind und zu bald Wasser verlieren, und daß in dem zweiten das Wasser, indem es das Rad verläßt, eine ihm von dem Rade mitgetheilte Geschwindigkeit von 2 Met. hat, die ungenützt verloren geht. Diese Geschwindigkeit würde durch die Geschwindigkeit von 2 Met. des herbeiströmenden Aufschlagewassers ausgeglichen werden, wenn wir diese letztere bei dem Calcul nicht gänzlich hätten vernachläßigen müssen.

Um zu schätzen, was bei einer Verminderung der Breite des Rades verloren gehen würde, wenn man 50 Liter Aufschlagewasser in der Secunde hat, ist es hinreichend, zu bemerken, daß für 0,82 Met. Breite mit 1 Met. Geschwindigkeit, die Kraft 3,88 Pferde, bei 0,55 Met. Breite mit 1 Met. Geschwindigkeit, die Kraft 3,80 Pferde beträgt.

Daraus folgern wir, daß es bei 50 Liter Aufschlagewasser hinreichend sein würde, dem Rade eine Breite von ungefähr 55 bis 60 Centimeter (21 bis 23 rheinl. Zoll) zu geben; denn der Nachtheil dieser gegen die Breite von 82 Centim. beträgt nur $^1/_{10}$ Pferdekraft.

III. Bei 75 Liter Aufschlagewasser in der Secunde benutzt das Rad noch 84, 82 und 80 Procent von der Betriebskraft, bei Geschwindigkeiten von 1, $1^1/_2$ und 2 Metern; seine Nutzkraft beträgt alsdann $5^1/_2$ Pferdekräfte; allein bei einer Geschwindigkeit von $^2/_3$ Met. oder 2 Fuß in der Secunde beträgt der Effect nur 4,9 Pferdekräfte, weil alsdann die Schaufeln zu voll sind und das Wasser

zu bald verlieren. Es folgt daraus, daß man fast eine Pferdekraft oder ein Fünftel des Effects verlieren würde, wenn man durch eine schlechte Verbindung der Zahnräder genöthigt wäre, das Rad nur 2 Fuß in der Secunde zurücklegen zu lassen. Man sieht demnach, daß man den Grundsatz, daß bei gleichen Mengen Aufschlagewasser die Räder um so mehr leisten, je langsamer sie umgehen, nicht unbedachtsam annehmen darf, indem bei diesem Grundsatz vorausgesetzt werden muß, daß die Räder eine der Langsamkeit angemessene Breite haben. Wir haben aber schon weiter oben gesehen, daß es Gränzen der Breite giebt, über die hinaus kein merklicher Gewinn an Kraft, wohl aber eine Vermehrung des Gewichts und der Reibung, so wie eine Erhöhung der Constructionskosten statt findet.

Das beschriebene, zu Sèvres befindliche Rad scheint sehr zweckmäßige Dimensionen bei einer Aufschlagewassermenge von 75 Liter ($2^3/_4$ Kubikfuß) in der Secunde zu haben, und wir sind der Meinung, daß im Allgemeinen ein Rad dieser Art alle Vortheile gewährt, wenn seine in Centimetern ausgedrückte Breite die Litermenge des Aufschlagewassers in 1 Secunde wenigstens um ein Zehntel und höchstens um ein Fünftel übersteigt. Demnach müßte bei

25	Lit.	in	1	Sec.	die	Breite	betragen	28	bis	30 Centim.
50	„	„	1	„	„	„	„	55	„	60 „
75	„	„	1	„	„	„	„	82	„	90 „

Diese Regel ist vielleicht nicht ohne Interesse für die Maschinenbauer, welche Gelegenheit haben, sie mit dem zu vergleichen, was die praktische Erfahrung sie gelehrt hat. Stets wird dabei angenommen, daß die Spannung des Wassers vor dem Schütz 20 bis 25 Centimeter (8 bis 10 Zoll) betrage, und wir sind der Meinung, daß es durchaus keinen Vortheil gewährt, diesen Druck oder diese Spannung zu vermindern, wohl aber, daß es bei hohen Gefällen vortheilhaft sei, sie zu vermehren.

Effect des Rades bei 100, 150 und 200 Liter in der Secunde. — Um die obigen Betrachtungen noch etwas weiter auszudehnen, ohne jedoch in eine zu lange Discussion einzugehen, wenden wir sie noch auf Aufschlagewassermengen von 100, 150 und 200 Liter in der Secunde an, und führen daher alle gewöhnlich vorkommenden Fälle als Beispiele auf, uns jedoch auf Gefälle von 6 bis 7 Met. (18 bis 22 Fuß) beschränkend.

I. Bei 100 Liter Aufschlagewasser in der Secunde würde, nach dem was weiter oben gesagt wurde, ein Rad von 82 Centim. Breite nicht mehr mit Vortheil angewendet werden können, weil der in die Schaufeln fallende Wasserstrom alsdann zu dick sein würde, durch die Luftentwickelung ein Sprudeln, und dadurch einen um so beträchtlichern Verlust zu veranlassen, da die Vertheilung des Wassers mit weniger Sorgfalt und Umsicht eingerichtet worden. Es giebt freilich keine absolute Unmöglichkeit, eine Art der Vertheilung des Wassers zu erfinden, welche allein diesem Nachtheil abzuhelfen vermag, wir sind selbst der Meinung, daß die Lösung dieser Aufgabe keine großen Schwierigkeiten darbietet; allein um innerhalb der Gränzen der bis jetzt bekannten Mittel zu bleiben, könnte man den Fehler nur auf dreierlei Weise verbessern: 1) durch Vermehrung der Neigung der Schaufeln; 2) durch eine größere Breite

Digitized by Google

derselben; 3) durch Verminderung des Durchmessers des Rades, um die Spannung des Wassers zu vermehren. Das erste von diesen Mitteln würde das unvortheilhafteste sein, und wir beschränken uns daher auf eine Vergleichung der beiden letztern.

Nach einer weiter oben gegebenen Regel würde das Rad bei einer Breite von 120 Centimet. (46 Zollen), d. h. bei einer der Litermenge des Aufschlagewassers gleichen und dann noch um ein Fünftel vermehrten Centimeterzahl sehr gut gehen, wenn der Durchmesser von 6,2 Met. beibehalten werden soll.

Will man aber die Breite beibehalten und den Durchmesser vermindern, indem man die Spannung des Wassers vor dem Schütz vermehrt, so müßte man dieselbe bis auf 46 Centimet. erhöhen, welches dem Wasser eine Geschwindigkeit von 3 Meter in der Secunde geben würde; alsdann würde der Durchmesser des Rades nur 5,94 Met. und der Halbmesser 2,97 Met. betragen.

Folgendes ist die vergleichende Tabelle der Kräfte, welche das Gefälle beiden Rädern mittheilen könnte.

Geschwindigkeit des Rades in Metern in 1 Secunde.	100 Liter in der Secunde. Ganzes Gefälle 6,8 Met. — Kraft 9,067 Pferde.					
	Rad von 1,20 Mt. Breite u. 6,20 M. innerm Durchmesser. Spannung von 0,20 M. vor dem Schütz.			Rad von 0,82 Mt. Breite u. 5,94 M. innerm Durchmesser. Spannung von 0,46 M. vor dem Schütz.		
	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Pferden.	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Pferden.	Dem Rade mitgetheilte Kraft in Procenten.	Verlorne Kraft in Procenten.
1 Meter.	7,65	84	16	6,21	68	32
½	7,57	84	16	7,18	79	21
2	7,37	82	18	7,03	78	22
3	6,80	75	25	6,43	70	30

Man sieht, daß der Unterschied der, beiden Rädern mitgetheilten Kräfte fast 1½ Pferdekräfte bei einer Geschwindigkeit von 1 Meter beträgt, und daß es das breitere Rad ist, welches diesen Vortheil über dem schmälern erlangt; bei einer Geschwindigkeit von 2 Metern vermindert sich aber dieser Vortheil um ½ Pferdekraft, und man kann selbst sagen um mehr, da die Gewichtsvermehrung einen noch höhern Verlust durch die Reibung veranlaßt. Demnach müßte man nach der Wirkungsart, die man hervorbringen will, der einen oder der andern Art von diesen Rädern den Vorzug geben. Verlangt man nur eine Geschwindigkeit von 1 Meter, so darf man nicht das enge Rad nehmen; will man aber, wie es häufig der Fall ist, eine Geschwindigkeit von 2 Meter haben, so muß man dagegen schmal geschaufelten Rädern von 82 Centim. Breite

und 5,94 Met. Durchmesser den Vorzug geben; sie kosten weit weniger als die breiten und leisten eben so viel.

II. Bei 150 Liter in der Secunde würde man offenbar den vorhergehenden proportionale Resultate haben, wenn man Räder annimmt, die verhältnißmäßige Breiten haben, wenn man dieselben Durchmesser und dieselben respectiven Spannungen des Aufschlagewassers beibehält. Man erhält daher folgende Tabelle:

Geschwindigkeit des Rades in Metern in 1 Secunde.	150 Liter in der Secunde. Gefälle 6,8 Meter. Kraft 13,16 Pferden.				Mehrkraft des Rades von 1,80 Meter gegen das von 1,23 Meter.	
	Rad v. 1,80 Met. Breite, von 6,20 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,20 Meter.		Rad v. 2,64 Met. Breite, v. 5,94 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,46 Meter.			
	Dem Rade ertheilte Pferdekr.		Dem Rade ertheilte Pferdekr.			
1 Meter	11,47	Pferdekr.	9,37	Pferdekr.	2,10	Pf.kr.
½	11,37	"	10,77	"	0,60	"
2	11,07	"	10,55	"	0,52	"
3	10,20	"	9,65	"	0,55	"

Wir haben aus dieser Tabelle die Angabe der Procente der ertheilten Kraft, so wie die Angabe der Procente der verlornen Kraft weggelassen, weil sie dieselben als bei 100 Liter Aufschlagewasser sind; dagegen haben wir in der vierten Rubrik die in Pferdekräften ausgedrückte Mehrkraft des vortheilhaftern Rades, d. h. des von 1,80 Met. Schaufelbreite, mitgetheilt. Man sieht, daß diese Mehrkraft um die Hälfte höher ist, als die, welche den Rädern bei 100 Liter Aufschlagewasser zukommt; folglich würde man hier einen Verlust von mehr als zwei Pferdekräften haben, wenn man ein schmalgeschaufeltes Rad mit einer Geschwindigkeit von 1 Met. in der Secunde annehmen würde. Da man aber nur ein Drittel Pferdekraft verlieren würde, wenn man, wie vorher bei 100 Liter Aufschlagewasser, eine Geschwindigkeit von 2 Meter annähme, so verliert man hier ein Drittel und ein halbes Drittel, oder eine halbe Pferdekraft, gewinnt aber zu gleicher Zeit 0,57 oder etwas mehr als ein halbes Meter an der Breite des Rades. Dem Urtheil des Maschinenbauers bleibt es überlassen, welchem von den beiden Systemen nach der Beschaffenheit der Localität, bei der das Rad als bewegende Kraft angewendet werden soll, der Vorzug gegeben werden muß. Es ist oft sehr wesentlich, eine halbe Pferdekraft zu gewinnen, obgleich sie hier nur ein Zwanzigstel von der Nutzkraft beträgt.

III. Endlich würden auch bei einer Aufschlagewassermenge von 200 Liter in der Secunde die Resultate noch proportional sein, und man würde die folgende Tabelle haben:

Digitized by Google

Geschwindigkeit des Rades in Metern in einer Secunde.	200 Liter in der Secunde. Gefälle 6,8 Met. Kraft 18,134 Pferde. Rad v. 2,40 Met. Breite u. 6,20 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,20 Meter. Dem Rade ertheilte Pferdekr.	Rad v. 1,64 Met. Breite u. 5,94 Met. Durchmesser. Spannung vor d. Schütz = 0,46 Meter. Dem Rade ertheilte Pferdekr.	Mehrkraft des breiten Rades von 2,40 Meter über das schmale Rad von 1,64 Meter.
1 Meter.	15,30 Pferdekr.	12,42 Pferdekr.	2,88 Pf.-K.
½ „	15,14 „	14,36 „	0,78 „
2 „	14,74 „	14,06 „	9,68 „
3 „	13,60 „	12,86 „	0,74 „

Der Vortheil des breiten Rades über das schmale beträgt hier bei einer Geschwindigkeit von 1 Meter fast 3 Pferdekräfte; aber nur ²/₃ Pferdekräfte bei einer Geschwindigkeit von 2 Metern.

Wir vervollständigen die obigen Vergleichungen, indem wir die Resultate angeben, welche man für Aufschlagewasser von 100, 150 und 200 Liter erhalten würde, wenn man, statt den Druck zu vermehren, um die Dicke des auf das Rad gelangenden Strahls zu vermindern, man sich damit begnügte, den Schaufeln die gewöhnliche Schiefe von 33° zu geben, damit sich die Luft leichter entwickeln könnte. Wir nehmen an, daß ein solches Rad für die drei Fälle die Breite von 0,87 M., 1,23 M. und 1,04 M. und einen constanten Durchmesser von 6,2 Meter habe, weil die schiefe Stellung der Schaufeln den Zweck hat, die Spannung von 0,46 Met. zu ergänzen, die man dem einfallenden Strom ertheilen mußte, um seine Dicke zu vermindern, und wir vergleichen sie nur mit den drei correspondirenden Rädern von 0,87, 1,03 und 1,64 Meter Schaufelbreite, vor denen eine constante Spannung von 0,46 Meter stattfindet, und die einen gleichen Durchmesser von 5,94 Meter haben.

Folgendes sind die Resultate:

	bei 100 Liter.	150 Liter.	200 Liter.
Räder mit Schaufeln von 16° .	7,18 Pferdekr.	10,77	14,36
Räder mit Schaufeln von 33° .	6,50 „	9,75	13,00
Unterschiede:	0,68 „	1,02	1,36

Man ersieht daraus, daß es vortheilhaft ist, Räder mit Schaufeln von 16°, wie das oben beschriebene ist, anzuwenden, selbst wenn man seinen Durchmesser vermindert, um die Spannung des Aufschlagewassers vor dem Schütz zu erhöhen, statt Räder mit Schaufeln von 33° und mit dem ganzen Durchmesser, so wie ihn das Gefälle gestattet, anzuwenden. Dieser Vortheil beträgt mehr als 1½ Pferdekraft bis zu einer Aufschlagewassermenge von 200 Litern in der Secunde. Uebrigens muß noch bemerkt werden, daß wir für das Rad mit einer Schaufelung von 33° eine sehr sorgfältige Construction angenommen haben, wie man sie gewöhnlich nicht findet. — Schließlich bemerken wir noch, daß mit Hülfe der hier mitgetheilten Methode und der Beispiele, sie anzuwenden, Berechnungen für jedes Gefälle und für jede Menge von Aufschlagewassern leicht angestellt werden können.

Ehe wir jedoch die oberschlächtigen Räder verlassen, führen wir noch das Folgende aus Herrn Morin's (dessen treffliche Versuche über die Reibung wir schon weiter oben kennen lernten) Expériences sur les roues hydrauliques, Metz 1836 — und daraus im polytechn. Centralblatte 1837, Nro. 22 — an:

Aus den Versuchen mit vier oberschlächtigen Rädern, deren Durchmesser in den Grenzen von 9,1 bis 2,28 Meter liegen, folgt:

1) Wenn die Zellen oder Schaufeln nur zur Hälfte angefüllt werden, und die Umfangsgeschwindigkeit des Rades bei kleinen Rädern nicht über 2 Meter, bei großen nicht über 2,5 Meter in der Secunde beträgt, so wird der Nutzeffect bis auf $^1/_{20}$ genau durch die Formel angegeben:

$$P_v = 780\ Qh + \frac{1000\ Q}{g}(V \cos.\ \gamma - v)\ v,$$

wobei Q das Volum des Aufschlagewassers in der Secunde in Kubikmetern bedeutet, h die Höhe, in welcher der Wasserstrahl das Rad trifft (die Höhe des wasserhaltenden Bogens), V die Geschwindigkeit des Aufschlagewassers in dem Punkte, wo er das Rad trifft, γ der Winkel, den das einfallende Wasser mit der Tangente des Einfallspunktes macht; v die Geschwindigkeit des äußern Radumfanges; endlich g den doppelten Fallraum.

2) Man kann, ohne dadurch merklich den Nutzeffect zu verringern, das Aufschlagewasser um eine Höhe anspannen, welche sich nach dem Raddurchmesser, oder dem ganzen disponibeln Gefälle richtet, und kleinern Rädern eine Umfangsgeschwindigkeit von 0,2 M., größern eine von 0,25 M. geben.

3) Das Verhältniß der Umfangsgeschwindigkeit des Rades zur Geschwindigkeit des Aufschlagewassers kann bei großen Rädern in sehr weiten Grenzen schwanken, nämlich von 0,3 bis 0,8, bei kleinern Rädern jedoch besser nur in den Grenzen 0,4 bis 0,6. Diese Eigenschaft der oberschlächtigen Räder, mit so verschiedener Geschwindigkeit betrieben werden zu können, ohne daß dadurch der größte Effect merklich vermindert würde, ist von höchster Wichtigkeit und empfiehlt sie besonders für solche Maschinenanlagen, bei denen die Geschwindigkeit der ausgeübten Kraft bedeutende Veränderungen zu erfahren hat.

4) Der Wirkungsgrad liegt unter diesen Bedingungen zwischen 0,65 und 0,7.

5) Werden die Zellen oder Schaufeln über die Hälfte ihres Fassungsraumes angefüllt, und geht das Rad so schnell, daß es unter der vereinigten Wirkung der Schwere und der Centrifugalkraft bald zu gießen anfängt, so giebt die von Poncelet aufgestellte Formel für geschwind umgehende Räder mit der Beobachtung vollkommen gleiche Resultate.

Nach Poncelet findet man aber die Kraft eines Rades durch die Formel

$$P_v = \frac{1000\ Q}{g}(V \cos.\ \gamma - v)\ v + \frac{nu}{60}(q'\ h' + S),$$

Digitized by Google

wobei die Buchstaben die frühere Bedeutung haben, außerdem aber n die Schaufelzahl des Rades bedeutet, u die Anzahl der Umdrehungen des Rades in 1 Minute, q' das Gewicht des in eine Zelle einströmenden Wassers, welches man durch die Formel $\frac{60000\ Q}{n\ u}$ findet; ferner h' den senkrechten Abstand des Punktes, wo das Wasser einfällt, von dem Punkte, wo das Rad in Folge der Centrifugalkraft zu gießen anfängt, S aber eine Größe bedeutet, welche auf folgende Art gefunden wird: Man theile die Höhe von dem Punkte, wo das Rad zu gießen anfängt, bis zum tiefsten Punkte des Rades (welcher hier h'' heißt) in vier oder sechs gleiche Theile, bezeichne die Punkte des Radumfanges, welche gleiche Höhe mit diesen Theilen haben, von oben herab mit den Zahlen 1, 2, 3 ... u. s. w. und mit q1, q2, q3 ... u. s. w. das Gewicht des Wassers, welches eine Schaufel noch enthält, wenn ihr äußerer Rand an die mit 1, 2 u. s. w. bezeichneten Punkte kommt (wobei der Effect der Centrifugalkraft eine bedeutende Abnahme des Wassers bewirkt, so daß das letzte oder die beiden letzten q = o sind), dann wird

$$S = \frac{h''}{12} [q' + 4 (q2 + q4) + 2\ q\ 3 + q5]$$

wenn man die Höhe h'' in vier gleiche Theile theilte, oder

$$S = \frac{h''}{18} [q1 + (q2 + q4 + q6) + 2 (q3 + q5) + q7]$$

wenn man die Höhe h'' in sechs gleiche Theile theilte.

Herr Morin theilt auch die folgenden praktischen Regeln zur Construction von oberschlächtigen Rädern mit:

1) Wenn das Niveau des Aufschlagewassers nur wenig in seiner Höhe vermindert werden kann, so kann man die Schützöffnung so einrichten, daß, wenn der Schütz senkrecht steht, über der Sohle der Ausflußöffnung eine Wasserdruckhöhe sich vorfindet, die bei mittlerm Wasserstande beträgt: 0,5 M. (1,59') für ein Gesammtgefälle von 2,6 bis 3 M. (8,3 — 9,5'); 0,6 M. (1,91') für ein Gesammtgefälle von 3 bis 4 M. (9,5—12,7'); 0,7 M. (2,23') für ein Gesammtgefälle von 4 bis 6 M. (12,7—19,1'); 0,8 M. (2,54') für ein Gesammtgefälle von 6 bis 7 M. (19,1 bis 23,3') ꝛc., damit das Wasser ohne Schwierigkeit in die Radzellen einfalle.

2) Die Ausflußöffnung muß so eingerichtet werden, daß die Contraction unten und an den senkrechten Seitenwänden dadurch verhindert wird.

3) Die Oeffnung wird mit einem Gerinne versehen, dessen Länge so gering als möglich ist, und dessen Neigung nicht über $^1/_{12}$ betragen darf. Zwischen dem tiefsten Punkte dieses Gerinnes und dem Rade bleibt ein Spielraum von 0,01 Met.

4) Wenn das Niveau des Aufschlagewassers entweder während der Arbeit oder zu bestimmten Jahreszeiten bedeutende Veränderungen erfährt, so muß man die Beaufschlagung so einrichten, daß das Rad bei allen vorkommenden Wasserständen das Aufschlagewasser gut aufnehmen kann. Dasselbe tritt dann ein, wenn das Rad sich in derselben Richtung bewegt, in welcher das Gerinne das Rad trifft; dann muß das Wasser im Aufschlagepunkte 3 M. (9,5') Geschwindigkeit haben, oder dieser Punkt 0,46 M. (1,46') unter dem Niveau des Aufschlagewassers liegen.

5) Die Geschwindigkeit des Rades muß mit der des Wassers und mit der Gestalt der Schaufeln in solchen Zusammenhang gebracht werden, daß das Wasser bei seinem Eintritt in die Zelle keinen Stoß gegen die äußere Schaufelfläche ausübt, und dieß wird dann erreicht werden, wenn die Geschwindigkeit des einfallenden Wassers die Diagonale eines Parallelogramms bildet, welches die innere Schaufellinie und die Geschwindigkeit des Rades zu Seiten hat.

6) Die Geschwindigkeit des Rades, welche zur Bestimmung der vorhergehenden Bedingungen benutzt wird, kann für kleine Räder 2 M. (6,3'), für große 2,5 M. (7,9') in der Secunde betragen.

7) Der Fassungsraum der Zellen muß so bestimmt werden, daß sie nur halb gefüllt werden.

8) Die Entfernung der Schaufeln am Umfange des Rades beträgt 0,3—0,4 M. oder 0,95—1,27 Fuß.

Aus dem über die oberschlächtigen Wasserräder Gesagten können wir leicht die Wirkung des Wassers bei mittelschlächtigen Wasserrädern (breast Wheels, engl., Roues à coté, franz.) ableiten. Im Allgemeinen sind aber alle Arten von Rädern, bei denen das Wasser nicht durch einen gegebenen Raum herabfallen kann, ohne daß sich das Rad nicht mit ihm bewegt, als oberschlächtige Räder zu betrachten; solche aber, die den Impuls oder Stoß von dem Wasser in einer horizontalen, schiefen oder senkrechten Richtung erhalten, sind als unterschlächtige Räder anzusehen. Demnach wird die Wirkung eines Rades (eines mittelschlächtigen), gegen welches das Wasser an einem gewissen Punkte unter der Oberfläche des Oberwassers stößt, in einem Kreisbogen niedergeht, und mittelst seiner Schwere auf das Rad drückt, gleich der eines unterschlächtigen Rades, dessen Oberwasser gleich der Verschiedenheit des Niveaus von diesem und dem Punkte ist, an welchem es gegen das Rad stößt, so wie gleich der eines oberschlächtigen Rades sein, dessen Höhe gleich der Verschiedenheit des Niveaus zwischen dem Punkt, wo das Wasser auf das Rad fällt, und dem Niveau des Oberwassers ist.

Herr Morin (a. a. O.) hat auch sehr genaue Versuche an mittelschlächtigen Rädern unternommen, von denen wir hier Einiges mittheilen. Die Räder, an denen er diese Versuche anstellte, bewegen sich, wie Fig. 4 und 5, Taf. VIII. zeigt, in einem gebogenen Gerinne, und nehmen das Wasser in einer Höhe zwischen dem tiefsten Punkte und dem horizontalen Halbmesser auf, weshalb sie auch Kropfräder genannt werden. Die Construction dieser Räder stimmt im Allgemeinen mit der der genannten Figur überein.

Aus den gemachten Beobachtungen folgert Herr Morin:

1) Berechnet man die theoretische Wirkung nach der Formel

$$P_v = 1000\ Q \left[h + \frac{(V \cos.\ \gamma - v)\ v}{g}\right]$$

bei welcher die Buchstaben die weiter oben, bei den oberschlächtigen Rädern angegebene Bedeutung haben, so giebt

Digitized by Google

der beobachtete Nutzeffect im Durchschnitt 0,755 und man erhält folglich den Nutzeffect von Wasserrädern mit ebenen Schaufeln, welche auf einen größern oder kleinern Theil des gesammten Gefälles in ein dicht verschließendes Kropfgerinne eingeschlossen sind, und mit einem Spannschütz so beaufschlagt werden, daß über die Ausflußöffnung noch ein Druck des aufgestaueten Wassers wirkt, bis auf $^1/_{20}$ genau durch die Formel

$$P_v = 755\ Q \left[h + \frac{(V \cos.\ \gamma - v)\ v}{g}\right].$$

2) Berechnet man bei Rädern ohne Spannschütz, wo das Gerinne so nahe als möglich an das Gerinne herangeführt wird, den theoretischen Effect, so ist sein Verhältniß zum Nutzeffect, den die Beobachtung ergab, oder der Wirkungsgrad im Mittel 0,799 und daher die Formel zur Berechnung

$$P_v = 799\ Q \left[h + \frac{(V \cos.\ \gamma - v)\ v}{g}\right],$$

woraus sich ergiebt, daß die letztere Beaufschlagung Vorzüge vor der erstern hat.

Dieser Vorzug fällt aber noch mehr in die Augen, wenn man die Wirkungsgrade bei verschiedenen Einrichtungen aus den Versuchen vergleicht; dieser Wirkungsgrad ist nämlich 0,40, wenn die Druckhöhe des angestaueten Wassers $^2/_3$ bis $^3/_4$ von dem gesammten Gefälle beträgt; er wächst in dem Verhältniß, wie sich dieser Bruch verkleinert, ist 0,55, wenn diese Druckhöhe $^1/_4$ des gesammten Gefälles ist, und erreicht endlich den Werth von 0,75, wenn der Spannschütz ganz wegfällt und das Wasser in Strahlen von 0,2 Met. bis 0,25 Met. auf das Rad fällt.

Ferner zeigen die Versuche, daß die Räder ohne Spannschütz mit ziemlich bedeutenden und von einander sehr abweichenden Geschwindigkeiten umlaufen können, ohne daß der Nutzeffect merklich hinter seinem größten Betrage zurückbleibt; dieß ist unter vielen Umständen sehr nützlich, und empfiehlt die Räder namentlich zu industrieller Anwendung, wo während einer und derselben Arbeit die Geschwindigkeit oft nicht gleich bleiben kann. Es beruht diese Eigenschaft der so beaufschlagten Räder darauf, daß das Geschwindigkeitsgefälle ein geringer Theil des gesammten Gefälles ist, und sie zeigt zugleich, daß man nicht mit allzugroßer Sorgfalt die Wirkungen eines auf die Schaufeln statthabenden Stoßes zu vermeiden habe.

Praktische Regeln beim Bau der Kropfräder mit ebenen Schaufeln, die in einem dicht anschließenden Kropfgerinne laufen:

1) Die Beaufschlagung muß immer durch ein bloßes Fluder ohne Spannschütz geschehen; das Fluder wird 0,2 bis 0,25 M. (0,63′—0,79′ preuß.) unter das Niveau des Aufschlagewassergerinnes niedergezogen.

2) Die Geschwindigkeit des Rades kann ohne Schaden 1,5 und 1,8 M. (4,7′—5,7′) in der Secunde erreichen, und selbst 2 Met. (6,3′), wenn das Fluder etwas tiefer niedergezogen ist.

3) Der Fassungsraum zwischen zwei Radschaufeln muß doppelt so groß sein, als das Wasservolum, welches er aufnehmen soll, wodurch sich die Radweite berechnen läßt.

4) Die Dimensionen der Schaufeln und ihre Zahl werden durch die Bedingung bestimmt, daß ihre Entfernung an dem äußeren Umfange und ihre Breite zwischen 0,3 und 0,4 M. (0,95′—1,27′) betragen; die erste Grenze, wenn die Neigung des Fluders 0,2 M. und die letzte Grenze, wenn die Neigung desselben 0,3 Met. beträgt.

5) Die Schaufeln können in der Richtung der Radien stehen, ohne daß man den Stoß des Wassers auf ihre Fläche sorgfältig zu vermindern hätte, da man doch immer beim Aufschlag etwas an Bewegkraft verliert, was unter Beobachtung der vorigen Regeln jedoch möglichst klein ist.

Der Spielraum zwischen Rad und Gerinne darf übrigens nur einige Millimeter betragen. Die Radhöhe übt keinen directen Einfluß auf den Nutzeffect, und kann daher unter der Voraussetzung, daß sie nur nicht kleiner ist, als das doppelte Gefälle, nach besondern Umständen bestimmt werden, ohne dabei zu große Dimensionen zu wählen, durch welche eine zu große Zapfenreibung bewirkt wird.

Unterschlächtige Wasserräder (undershot Wheels, engl.) sind, wie schon bemerkt, solche, bei denen das Wasser bloß durch seinen Stoß wirkt. Es giebt folgende Arten derselben:

1) Strauberräder, Fig. 6 und 7, Taf. VIII, welche blos einen oder zwei Kränze haben, auf denen die Schaufeln zu beiden Seiten vorstehend aufsitzen. Diese Räder werden gewöhnlich dann angewendet, wenn die Geschwindigkeit des Wassers sehr bedeutend, und dagegen der Zufluß desselben nur gering ist.

2) Staberräder bestehen aus zwei Kränzen, zwischen welche die Schaufeln eingesetzt werden, ohne über die Kränze hinauszustehen, ähnlich dem mittelschlächtigen Rade Fig. 4 und 5, Taf. VIII., nur daß sie keinen Boden haben. Diese Räder werden da angewendet, wo die zu verrichtende Arbeit eine größere Kraft, demnach eine größere Schaufelfläche und überhaupt ein stärkeres Rad erfordert.

3) Pansterräder erhalten weit größere Schaufeln, welche deshalb nicht blos in die Kränze am Umfange des Rades eingesetzt, sondern noch ein- oder zweimal unter sich verbunden oder verriegelt werden. Pansterräder werden dann gebraucht, wenn die Geschwindigkeit des Wassers gering ist, und man demnach durch eine größere Fläche der Schaufeln die größere Kraft zu bewirken genöthigt wird. Pansterräder sind häufig so eingerichtet, daß ihre beweglichen Axenlager bei höherm Wasserstande gehoben werden, um sie auch bei großem Wasser benutzen zu können. Das Aufziehen geschieht entweder durch Schrauben (Zugpanster) oder Hebel (Stockpanster). Mit einem solchen Pansterrad ist zuweilen ein Schwimmgerinne verbunden, welches mit dem Rade zugleich in die Höhe gezogen wird, um den Abfluß des Wassers unter dem Rade zu verhindern.

Man pflegt den unterschlächtigen Rädern, so oft es das Gefälle zuläßt, einen Kropf zu geben, in welchem Falle dieselben ebenfalls Kropfräder genannt werden. Endlich werden unter- und mittelschlächtige Räder fast immer in ein Gerinne gestellt, welches gewöhnlich aus zwei hölzernen, mit einem Boden versehenen Wänden besteht und dazu dient, das Wasser zusammen zu halten und mit möglichst kleinem Verluste auf das Rad zu führen.

Die Theorie der unterschlächtigen Räder ist sehr verschiedenartig dargestellt worden und hat Veranlassung zu

Digitized by Google

sehr viel Versuchen und Discussionen gegeben. Die Theorie beruht auf dem Grundsatze, daß, wenn eine Fläche von fließendem Wasser gestoßen wird, dasselbe auf jene einen Druck ausübt, der sich immer durch ein Gewicht messen läßt, welches diese Fläche nach entgegengesetzter Richtung ziehen, oder im Gleichgewicht erhalten kann.

De Pareieu und Bossut haben Untersuchungen über den zweckmäßigsten Winkel angestellt, unter welchem die Schaufeln zu dem Halbmesser des Rades befestigt werden, um die beste Wirkung hervorzubringen. Beide kommen darin überein, daß es mit einem merklichen Vortheil verbunden sei, die Schaufeln zu dem Halbmesser des Rades unter einem Winkel von ungefähr 20° zu neigen, so daß, wenn jede Schaufel den niedrigsten Stand erreicht hat, sie nicht senkrecht, sondern unter dem obigen Winkel gegen den Strom zu geneigt ist. Dieser Neigungswinkel soll die Veranlassung geben, daß sich das Wasser längs den Schaufeln anhäuft, um gewissermaßen durch sein Gewicht zu wirken, und man hat es aus dem Grunde empfohlen, die Schaufeln höher zu machen, als der von ihnen unterbrochene Wasserstrahl tief ist. Diese geneigt gestellten Schaufeln werden häufig, jedoch nicht allgemein angewendet, und im Allgemeinen mögen ihre Vortheile auch wohl nicht so groß sein, als ihre ersten Erfinder behaupteten.

Auch die unterschlächtigen Wasserräder werden jetzt häufig von Eisen construirt, nur die Schaufeln bestehen gewöhnlich aus Holz. Es werden nämlich, wie bei den oberschlächtigen Rädern, die beiden Kränze, jeder aus dem Ganzen gegossen oder aus einzelnen Theilen zusammengesetzt. An der Peripherie dieser Kränze sind, in gewissen Entfernungen von einander, Löcher vorhanden, in denen starke Stücken von festem Holz (Ulmen, Eichen ꝛc.) befestigt sind. Mittelst der Arme werden nun die Kränze auf der Welle befestigt, die Schaufeln aber werden mittelst Bolzen und Schrauben mit den genannten Stücken Holz verbunden und stehen auf jeder Seite ungefähr um ein Achtel ihrer Länge über die äußere Breite der Kränze hervor, wie die Abbildung des Stranberrades, Fig. 6 und 7, Taf. VIII, zeigt. Bei den Staber- und den Pansterrädern werden die Schaufeln, wie bei den oberschlächtigen Rädern, zwischen den Kränzen befestigt.

Die Construction der mittelschlächtigen Räder, Fig. 4 und 5, Taf. VIII, ist von den unterschlächtigen darin verschieden, daß sie einen Boden haben. Die Abbildung macht übrigens ihre Einrichtung hinlänglich deutlich.

Wirkung der unterschlächtigen Räder. — Die große Frage über die beste Wirkung unterschlächtiger Räder ist immer das Verhältniß gewesen, welches zwischen der Geschwindigkeit des Rades und der des Wassers stattfinden muß. Die Herren Smeaton, Bossut und v. Gerstner, der Aeltere, haben zahlreiche Versuche über den Gegenstand angestellt und viele Formeln darüber entwickelt. Es würde zu weit führen und ganz gegen den Zweck des Werks sein, sie hier mitzutheilen, weshalb wir uns darauf beschränken, die hauptsächlichsten Resultate, besonders der Smeaton'schen Versuche hier aufzuführen.

Zuvörderst muß bemerkt werden, daß zur Berechnung der Wirkungen der Wasserräder man nothwendig die wirkliche Geschwindigkeit des gegen das Rad stoßenden, die Menge des in einer gewissen Zeit auf dasselbe strömenden

Wassers und die Größe der Kraft kennen muß, welche durch die Reibung verloren wird. Diese Bestimmungen können auf folgende Weise gemacht werden. Um die Kraft eines mäßigen Wasserstroms kennen zu lernen, muß man ihn durch einen quer durchgeführten Damm aufstauen und alles Wasser nöthigen, durch ein offenes Gerinne in ein quadratisches Gefäß oder Reservoir zu laufen; man muß ferner die Menge des in dieses Gefäß in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Secunde oder Minute, einlaufenden Wassers messen. Multiplicirt man nun diese Menge mit der Anzahl der Secunden oder Minuten in einer Stunde, so kann man den ganzen Stoß eines solchen Wasserstroms von irgend einer gegebenen Höhe und von mittlerer Breite leicht bestimmen. In Flüssen, die zu breit sind, um auf diese Weise gemessen zu werden, kann man die Kraft, oder den Stoß auf folgende Weise berechnen. Man befestige in dem Fluß ein langes, länglich viereckiges und im Querschnitt quadratisches Gefäß, das eine Ende dem Strom zugekehrt und die obere Kante etwas über der Oberfläche des Flusses liegend, damit kein Wasser über dieselbe hinein fließen kann. In dem, dem Ende zugekehrten Ende des Gefäßes ist ein langes, oben offenes, hölzernes Gerinne befestigt, dessen obere Kanten in einem Niveau mit der Oberfläche des Flusses liegen, und welches gleichen Fall mit dem Fluß hat. Das Wasser hat nun natürlich dieselbe Geschwindigkeit in dem Gerinne wie in dem Flusse. Mißt man daher die Menge des, durch das Gerinne in einer gegebenen Zeit, z. B. in einer Minute, in das Gefäß laufenden Wassers und multiplicirt dieselbe mit den Minuten einer Stunde, so kann die ganze Kraft, oder der Stoß des Flusses in irgend einer gegebenen Höhe und bekannter Breite bestimmt werden.

Smeaton hat auch Tabellen über die Geschwindigkeiten eines Rades für verschiedene Höhen des Wassers aufgestellt, und macht von dem Ganzen die nachstehenden Folgerungen:

1) Bei gleicher wirkender Kraft, oder was dasselbe ist, Geschwindigkeit, wird sich die Wirkung fast eben so wie die Menge des benutzten Wassers verhalten.

2) Bei gleichem herbeifließenden oder zu benutzenden Wasser wird sich die Wirkung fast wie die Höhe der Betriebskraft verhalten.

3) Bei gleicher Menge des herbeifließenden Wassers wird sich die Wirkung fast wie das Quadrat der Geschwindigkeit verhalten.

4) Bei gleicher Weite des Gerinnes wird sich die Wirkung fast wie die Kubikzahl der Geschwindigkeit des Wassers verhalten. Wenn das Wasser daher durch eine Oeffnung von gleichem Querschnitt, jedoch mit verschiedenen Geschwindigkeiten geht, so wird die herbeifließende Menge der Geschwindigkeit proportional sein, und ist daher dieß letztere nicht der Fall, so ist der Querschnitt des Wassers nicht derselbe.

5) Die wirksame Kraft, oder die, deren Nutzeffect wir berechnen sollen, steht in keinem Verhältniß zu der Kraft des Wassers; wenn aber die Oeffnung größer, oder die Geschwindigkeit des Wassers geringer ist, so nähern sie sich einander und fallen zusammen, und folglich stimmen in den weiten Oeffnungen der Schleusen oder Schützen von Mühlen und andern Maschinen, durch welche große Was-

Digitized by Google

fermengen mit mäßigem Gefälle abfließen, die Kraft des Wassers und die wirksame Kraft, welche durch die Geschwindigkeit bestimmt worden, nahe überein. Es ist dieß auch durch die Erfahrung bestätigt.

6) Das allgemeinste Verhältniß zwischen der Kraft und der Wirkung oder dem Nutzeffect ist das von 10 zu 3; die äußersten Punkte dabei sind 10 zu 3,2 und 10 zu 2,8. Es muß aber bemerkt werden, daß wenn die Kraft am größten, das zweite Glied des Verhältnisses auch am größten ist. Wir können daher bei großen Werken das Verhältniß der Kraft zum Effect wie 3 zu 1 annehmen.

7) Das Verhältniß der Geschwindigkeit zwischen dem Wasser und dem Rade ist im Allgemeinen wie 5 zu 2.

8) Es findet kein gewisses Verhältniß zwischen dem Maximum der Belastung, die ein Rad zu überwinden im Stande ist, und derjenigen statt, welche es gänzlich aufhalten wird, obwohl die Verhältnisse innerhalb der Grenzen von 20 zu 10 und von 20 zu 15 enthalten sind. Da sich aber die Wirkung am meisten dem Verhältniß von 20 zu 15, oder von 4 zu 3 nähert, wenn die Kraft entweder durch Zunahme der Geschwindigkeit oder der Wassermenge am größten ist, so scheint ein solches Verhältniß am anwendbarsten bei großen Werken zu sein. Da aber die Belastung, welche ein Rad haben muß, um am vortheilhaftesten zu arbeiten, dadurch bestimmt werden kann, daß man seinen Nutzeffect und die Geschwindigkeit, mit welcher derselbe bewirkt wird, kennt, so ist die genaue Kenntniß der größten Belastung keine praktisch wichtige Sache.

Beschreibung der Figuren auf Tafel VIII. Fig. 1 und 2 sind eine vordere und eine Seitenansicht von einem eisernen oberschlächtigen Wasserrade; in Fig. 1, h, h, ist das Gerinne (Pentrough, engl.) zur Herbeileitung des Aufschlagewassers dargestellt; s ist die Schütze (Shuttle, engl.) zur Regulirung des Aufschlagewassers, welche mittelst des Hebels l und der Schraube m rück- und vorwärts gezogen werden kann. Fig. 2, bb, ist das Hauptwinkelrad, welches die Maschinerie treibt; Fig. 3, zeigt einen Durchschnitt der Zellen, nach vergrößertem Maaßstabe, wovon weiter oben schon die speicelle Beschreibung gegeben wurde.

Fig. 4 und 5 sind der Grund- und der Aufriß eines eisernen mittelschlächtigen Rades; s ist die Schleuse oder Schütze (Sluice, engl.), die sich in den Wänden des Kanals und mittelst einer Zahnstange r und eines Getriebes p, das mit der Kurbel k verbunden ist, auf und nieder bewegt. Die Kurbel, Fig. 4, befindet sich im Innern des Maschinengebäudes. Auf derselben Figur ist auch das Hauptzahnrad ww dargestellt, welches die Maschinerie betreibt.

Fig. 6 und 7, sind der Auf- und Grundriß eines unterschlächtigen Rades (sogen. Strauberrades) dargestellt, dessen Kränze ebenfalls aus Gußeisen bestehen. s, s ist die Schütze (Penstock, engl.), welche durch die Zahnstange s, in die das Getriebe h greift, und welche durch die Rolle h' in ihrer Lage erhalten, gehoben und gesenkt wird. ww ist das Hauptstirnrad und h das Zapfenlager der gänzlich gußeisernen Welle.

Wir haben uns hier nur auf eine Beschreibung solcher Räder beschränken können, die im allgemeinern Gebrauch sind; es sind viele andere Arten vorgeschlagen und hin und wieder auch ausgeführt worden. Wir wollen nur kurz der Versuche erwähnen, die gemacht worden sind, um die Räder so zu construiren, daß die Schaufeln stets eine senkrechte Richtung behalten, um den Verlust an Nutzeffect zu vermindern, der durch Reaction des Wassers an der emporsteigenden Seite des Rades, oder durch das sogen. Hinterwasser, veranlaßt wird. Besonders viele Versuche dieser Art sind in Beziehung auf die Schaufelräder der Dampfschiffe gemachte worden; allein im Allgemeinen haben sie den Zweck verfehlt, weil so viele bewegende Theile erforderlich sind, welche nicht unbedeutende Kosten veranlassen und der, allen Wasserrädern so wesentlichen Festigkeit und Stärke nachtheilig sind.

Von den verschiedenen Arten, den Rädern das Aufschlagewasser zuzuführen. — Auf Tafel VIII und IX, welche die Gestalt und die Wirkung der Wasserräder erläutern, sind auch die Gerinne und Schützen mit hinlänglicher Deutlichkeit dargestellt worden, um unsern Lesern einen allgemeinen Begriff von den Mitteln zu geben, den Rädern die Aufschlagewasser zuzuführen und deren Zufluß zu reguliren. Dieß ist übrigens eine Sache von solcher Wichtigkeit, daß wir noch einmal darauf zurückkommen und eine eigenthümliche Art von Gerinne beschreiben, welches in einigen Gegenden Englands, bei den sogen. rückenschlächtigen Rädern, ziemlich allgemein angewendet wird und in Fig. 6, Taf. VII, dargestellt ist. Das Wasser wird hier etwas unter dem obersten Punkt des Rades eingeführt; jedoch kann diese Höhe nach den Umständen verändert werden. Bei den meisten andern Methoden muß das Rad, wenn das Wasser, wie dieß gewöhnlich der Fall ist, Veränderungen in der Höhe unterworfen ist, nach dem niedrigsten Stande eingerichtet werden, welches ohne Frage ein Nachtheil ist, wogegen bei der vorliegenden Vorrichtung der Wasserstand sich noch so sehr verändern mag und dennoch der ganze Nutzeffect des Wassers erlangt wird.

AA, ist das aus Gußeisen bestehende Gerinne, dessen Ende aus einem Gitter von breiten Eisenstäben besteht; dieselben haben eine eigenthümliche Richtung, damit das Wasser durch dieselben in die Zellen des Rades fallen kann. Die Zwischenräume zwischen den Stäben können durch eine große lederne Schütze verschlossen werden, welche bei a an dem Boden des Gerinnes befestigt ist und mittelst des Drucks von dem Wasser fest an den Stäben erhalten wird, so daß kein Wasser durchsickern kann. Durch Oeffnen des Leders gelangt das Wasser auf das Rad. Die obere Kante des Leders ist um eine dünne Rolle b gewickelt, deren Aren an beiden Enden von dem untern Ende zweier Zahnstangen aufgenommen worden sind, welche durch zwei, an einer gemeinschaftlichen und quer über das Gerinne gehenden Welle befindliche Getriebe auf und nieder gehen und daher auch die Rolle b heben und senken. Geht diese Rolle nun niederwärts, so wickelt sich die lederne Schütze auf dieselbe auf; geht sie aber in die Höhe, so wickelt sich das Leder ab. Damit nun die Rolle das Leder aufnimmt und es straff erhält, ist um die Enden derselben und da, wo die lederne Schütze zu Ende ist, ein lederner Riemen gewickelt. Ueber dem Wasser gehen diese Riemen über ein Rad, und wickeln sich um dasselbe mit einer bedeutenden Spannung, welche mittelst eines Bandes und eines daran hängenden Gewichts, wie die Figur deutlich zeigt, hervorgebracht wird.

Digitized by Google

Das Wasser fällt über die Rolle mit dem Leder durch die Zwischenräume der Stäbe des Gitters in die Zellen und bewegt auf diese Weise das rückenschlächtige Rad. Die Geschwindigkeit des Wassers ist hinreichend groß.

Literatur der Wasserräder: Außer den schon im Verlauf des Capitels genannten Werken und Zeitschriften: v. Gerstner's Handbuch der Mechanik. 2. Bd. (Prag, 1832), S. 342 ꝛc. Prof. Burg über die überschlächtigen Wasserräder in den Jahrbüchern des polytechn. Instituts zu Wien, Bd. IV, S. 198 ꝛc. Derselbe über die unter- und mittelschlächtigen Räder, daselbst Bd. VI, S. 204 ꝛc. *Leblanc*, Recueil des Machines, Instrumens et Appareils, Tome I, pl. 49, mittelschlächtiges Wasserrad (Kropfrad) zum Betriebe einer Getreidemühle zu St. Denis. Tome II, pl. 57—59, eisernes Wasserrad mit gekrümmten Schaufeln (sogen. Poncelet'sches), ausgeführt zu Guériguy, zum Betriebe eines Walzenwerks. Egen, Untersuchungen über den Effect einiger in Rheinland-Westphalen bestehender Wasserwerke. Berlin, 1831.

Ganz abweichend von den bisher beschriebenen sind die horizontalen Wasserräder (Kreiselräder, Reactions- oder Segner'sche Räder, Turbines hydrauliques, franz., Barker's mill's, engl.). Sie wurden schon seit undenklichen Zeiten im südlichen Frankreich und in Italien angewendet, allein ihre Wirkungen waren unbedeutend. Neuerlich hat der Franzose Burdin eine sehr verbesserte Art derselben angegeben, und Fourneyron hat sie noch mehr vervollkommnet und mehre bedeutende Kreiselräder in Frankreich ausgeführt. Auch in Amerika findet man sie in vielfältiger Anwendung, und selbst unter Wasser getaucht, sollen sie zufriedenstellende Resultate geben. Auch die preuß. Regierung hat neuerlich dem recht wichtigen Umstande ihre Aufmerksamkeit geschenkt, und so dürfen wir dann hoffen, recht bald die genauesten Vorschriften über die bestmögliche Construction der Kreiselräder zu erhalten. Hier beschränken wir uns nur auf die Mittheilung einer gedrängten Beschreibung der verbesserten Art der Maschine, welche wir aus dem polyt. Centralblatt 1836, Nro. 43 und 1837, Nro. 44 entnehmen, und verweisen unten auf das neuerlich über dieselben Bekanntgewordene.

Das den Kreiselrädern zu Grunde liegende Prinzip ist folgendes: Wenn sich in einem von allen Seiten verschlossenen Gefäße Wasser befindet, so drückt es auf die Wandfläche des Gefäßes und zwar auf die Punkte, welche tiefer unter dem Wasserspiegel liegen, stärker als auf die höher liegenden; die Pressungen, welche zwei gleich große Flächentheile in verschiedenen Tiefen unter dem Wasserspiegel erleiden, verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den zugehörigen Abständen des Wasserspiegels, d. h. wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen. Sobald nun an irgend einer Stelle eine Oeffnung in der Wandfläche des Gefäßes ist, so wird durch dieselbe das Wasser mit einer Geschwindigkeit ausfließen, welche der früher an dieser Stelle stattgefundenen Pressung proportional sein, d. h. im Verhältniß der Quadratwurzel aus der Druckhöhe stehen wird. Befände sich nun vor der Ausflußöffnung ein Hinderniß, z. B. eine schief gestellte Platte, so würde der ausströmende Wasserstrahl, vermöge der von seiner Geschwindigkeit abhängenden Bewegkraft, dasselbe wegzudrängen versuchen, und wenn der Widerstand desselben kleiner, als

die Bewegkraft des Wassers ist, auch wirklich zur Seite drängen. Soll nun auf solche Art eine stetige Bewegung entstehen, so müssen die Bedingungen so gewählt werden, daß an recht vielen Punkten gleichzeitig ein solches Hinderniß weggedrängt wird, und daß die Einwirkung des Triebwassers immer fortdauert. Dieß führt endlich dazu, daß man das Gefäß, welches das Triebwasser faßt, cylindrisch macht, ihm am Boden einen horizontal herumgehenden Schlitz giebt, und außerhalb des letztern ein bewegliches ringförmiges Gefäß anbringt, in welchem senkrecht stehende, gegen das ausströmende Wasser dagegen schief liegende Platten den Stoß und Druck des Wassers aufnehmen, um dadurch die Umdrehung dieses Gefäßes, Rades, zu bewirken.

In Fig. 7, Taf. VII., welche das Kreiselrad im Durchschnitt darstellt, ist VWXY das Aufschlaggerinne, von dessen Boden VW die büchsenförmige Fortsetzung RS geht; unter demselben befindet sich in einiger Entfernung, so daß eine horizontale, überall gleich hohe Spalte gebildet wird, der Boden LM, an der senkrechten Röhre oder Welle NO befestigt, welche oberhalb von zwei horizontal liegenden Balken gehalten wird. Außerhalb der vorher erwähnten Spalte liegt das ringförmige Gefäß oder Rad DEFG, welches zwischen den beiden horizontal liegenden Platten DE und FG die Schaufeln HK hat, und dessen Bodenplatte DE durch Arme mit der stehenden Welle AB fest verbunden ist; letztere Welle ruht bei B auf einem Zapfen, geht durch die senkrechte Röhre NO, und pflanzt oberhalb die vom Rade empfangene Bewegung weiter fort.

Den größtmöglichen Nutzen wird man bei dieser Maschine vom Triebwasser dann ziehen, wenn man den Druck des ausströmenden Wassers gegen die schief gestellten Schaufeln wo möglich ganz zur Umdrehung des Rades benutzt, und Zerlegungen desselben nach andern Richtungen vermeidet, so wie, wenn man das Wasser erst dann vom Umfange des Rades ausfließen läßt, wenn es keine Druckkraft oder keine Geschwindigkeit mehr hat, wo dann natürlich alle Triebkraft dem Rade mitgetheilt ist. Um sich diesen Bedingungen möglichst zu nähern, werden nicht nur die Schaufeln, wie es Fig. 8 zeigt, nach einer krummen Linie construirt, sondern auch die feststehende Bodenplatte LM mit Leitcurven versehen, durch deren Form die Richtung bestimmt wird, in welcher das Triebwasser zuerst die Schaufeln des beweglichen Rades trifft. C ist ein Durchschnitt der Welle, auf welche das äußere bewegliche Rad die Kraft fortpflanzt; AH ist eine Schaufel in letzterm, AD dagegen eine von den feststehenden Leitcurven.

Würde die horizontal umlaufende Oeffnung immer gleiche Größe behalten, so würde man auch stets mit einer gleich großen Wassermenge arbeiten müssen; um daher die Menge des in das Rad tretenden Wassers stellen zu können, bringt man einen kreisförmigen Schütz RS an, welcher durch die Stangen TU gehoben und gesenkt werden kann. Das Zapfenlager bei B, welches aus gehärtetem Stahl besteht, ist eben so eingerichtet, daß das Rad nach Erfordern etwas gehoben oder gesenkt werden kann. Alle Theile des Rades bestehen aus Eisen; überall, wo das Eisen eine Ecke findet, um die es fließen muß, ist dieselbe abgerundet, namentlich bei P und Q. Die Schaufeln des Rades sind am innern

Digitized by Google

Umfange abgefaßt, um jeden Rückstau des eintretenden Triebwassers zu vermeiden und auch, wie die Leitcurven, gehörig geglättet. Bei hohen Gefällen muß das Aufschlagewassergerinne ein verschlossenes Gefäß sein.

Der Winkel, welchen ein aus der Leitcurve austretender Wasserstrahl mit einer Tangente am innern Radumfange macht, muß so gewählt werden, daß sein Cosinus gleich dem Quotienten aus der Geschwindigkeit dieses Strahls durch die doppelte Geschwindigkeit des innern Radumfanges ist. Die Radschaufeln sollten zwar eigentlich in der Richtung der Tangente an dem äußern Umfange ankommen, jedoch läßt man sie, um das Abfließen des Wassers zu erleichtern, etwa 10° bis 15° von dieser Richtung abweichen. Bei Bestimmung der eigentlichen Dimensionen des Rades wird die Aufschlagewassermenge und die Druckhöhe gegeben sein. Aus letzterer wird man die Geschwindigkeit des bei dem Schütz austretenden Wassers, in radialer Richtung geschätzt, berechnen können; um dieselbe nun in der Richtung der Leitcurven zu finden, muß man die Cotangente des Winkels, den das Leitcurvenende mit der innern Tangente macht, dadurch finden, daß man das dreißigfache Quadrat der radialen Geschwindigkeit mit der Höhe der Schützöffnung multiplicirt, und durch das Product aus der Wassermenge und gegebenen Umdrehungszahl dividirt, und vom Quotienten die halbe Tangente des Winkels von 10—15° abzieht. Dividirt man nun die Aufschlagewassermenge durch die radiale Geschwindigkeit, multiplicirt mit dem Sinus des vorher berechneten Winkels (d. h. durch die Geschwindigkeit in der Richtung der Leitcurve), so erhält man den Querschnitt der Ausflußöffnung unter dem Schütz, aus dem bei gegebener Oeffnungshöhe der innere Radius des Rades gefunden wird. Den äußern macht man dann 1,2—1,4mal so groß, als den innern, je nachdem das Rad größer oder kleiner ist. Daß sich nun sogleich aus dem innern Radius die Umfangsgeschwindigkeit berechnen läßt, erhellt von selbst. Die Schaufeln des Rades können aus zwei, sich in einander verlaufenden Kreisbögen construirt werden, von welchen bei dem äußern die Richtung des Austrittes aus dem Rade gegeben ist, der innere aber rechtwinklig auf das Leitcurvenende auftrifft. Um das Wasser ungehindert in das Rad zu leiten, macht man nur $^1/_3$ bis $^1/_2$mal so viel Leitcurven als Schaufeln.

Bei sehr hohen Gefällen würde das Rad zu schnell umgehen; selbst bei mäßigen Gefällen besitzt es eine sehr große Geschwindigkeit, und eignet sich daher vorzüglich zum unmittelbaren Betriebe von Mahl-, Spinn-, Schleifmühlen u. dgl, während bei langsamer umgehenden Maschinen durch ein Vorgelege erst Geschwindigkeit in Kraft umzusetzen ist. Ein sehr großes Kreiselrad wird zu Jryal bei Gisors in der Nähe von Paris zur Bewegung von 400 Webestühlen angewendet; sein Gefälle beträgt 2 Meter. Bei den mit diesem Rade angestellten, sehr genauen Versuchen, die man im polytechn. Centralblatt 1837, Nro. 36 weitläuftig beschrieben findet, ergab sich ein Wirkungsgrad von 0,585. Andere Kreiselräder zeigten gewöhnlich 0,80 des theoretisch berechneten Effectes, und würden selbst in dem Falle ein günstiges Resultat geben, wenn sie unter Wasser gehen müßten. Wir bemerken noch, daß dergleichen Räder, zweckmäßig und ordentlich ausgeführt, nicht nur einen hohen, sondern auch einen, durch alle bisher bekannten, selbst durch die sonst vortrefflichen rückenschlächtigen Räder der Engländer (Fig. 6, Taf. VII) noch nicht erreichten Nutzeffect gewähren und daher eine größere Berücksichtigung bei neuen Fabrikanlagen in Deutschland als bisher verdienen.

Die ausführliche Beschreibung der Kreiselräder von Herrn Fourneyron selbst findet sich im Bulletin de la Societé d'Encouragement, 1834, p. 3, 49, 85, und daraus in Dingler's polyt. Journ. Bd. 53, S. 141—280. Ferner siehe *D'Aubuisson de Voisins* Handbuch der Hydraulik, aus dem Franz. von Fischer, Leipzig 1835, S. 397—414. Weißbach's Handbuch der Bergmaschinenmechanik, 2 Bde. Leipzig 1836. Vortreffliche Arbeiten über die horizontalen Wasserräder von den Herren Wedding und Carliezeck findet man in den Verhandlungen des Vereins für Gewerbfleiß in Preußen, 1837, 2 Lief. S. 68—94. Die dabei befindlichen, herrlich ausgeführten Tafeln IX—XII zeigen die zweckmäßigste Construction solcher Räder, und können als Bauriße dienen. — Wir entlehnen daraus noch Folgendes: Herr Wedding stellte 1836 zu Thiergartenschleuse bei Oranienburg Versuche bei einem Gefälle von nur 4′ und bei einer Zuflußmenge an Wasser von 16 bis 20 Kubikfuß in der Secunde an. Der Untergraben gewährte den für den Versuch sehr wesentlichen Vortheil, daß durch ein Anspannen dieses Theils des Kanals das Unterwasser beliebig gestaut und somit das Wasserrad auch ganz unter Wasser gesetzt werden konnte. Für ein Gefälle von 4 Fuß, und für eine Wassermenge von 16,719 Kubikfuß in der Seeunde, mußte, nach der Berechnungsweise des Herrn Fourneyron, das Rad einen äußern Durchmesser von 4′, einen innern von 2,998′, 22 Stück 0,4198′, oder 5″ hohe Schaufeln und 11 Stück Directionsschaufeln erhalten. Der Einfallswinkel des letzten Elementes der Directionsschaufeln gegen den Raddurchmesser mußte 57° 10′ sein, und wenn die Geschwindigkeit der innern Radperipherie 0,595 derjenigen, die dem Gefälle von 4 Fuß angehört, angenommen wird, das Rad in der Minute 60 Umgänge macht, und bei der Annahme von 70 Prozent Nutzung der Wasserkraft, die Leistung desselben der von 6,16 Pferden, zu 502 das mechanische Moment, gleich sein.

Die Radkränze waren von Holz zusammengesetzt, und die Schaufeln zwischen dieselben durch geschnittene und dem Zwischenraum zweier Schaufeln gleiche Brettstücke eingebracht. Die Befestigung dieser Schaufeln an die Brettstücke geschah durch Holzschrauben, und eben so diejenige der Brettstücke mit den Schaufeln an die Kränze. Die Verbindung der Kränze mit der aus Schmiedeeisen gefertigten Welle erfolgte durch vier hölzerne Arme, die in einen Wellkranz eingelegt und angeschraubt waren. Von aussen waren die Zwischenräume zwischen den Armen, zur Verminderung des Widerstandes im Wasser bei der Bewegung des Rades, mit Zinkblech bekleidet. Die an einer hölzernen, mit eisernen Ringen gebundenen Röhre befestigte, feste Scheibe war aus zwei Brettlagen übereinander zusammengesetzt, und die Directionsschaufeln aus Blech in ähnlicher Art, wie die Schaufeln des Rades, an Einsatzstücke, die dem Zwischenraum zwischen zwei solchen Schaufeln gleich waren, mit Holzschrauben befestigt, mit jenen zusammen auf die Scheibe gelegt und wieder mit Holzschrauben mit letzterer verbunden. Um die Röhren herum waren zwischen

Digitized by Google

je zwei Schaufeln ebenfalls Holzstückchen eingepaßt, gegen diese theilweis die Schaufeln befestigt und selbst an die Röhre angeschraubt. Die Schaufeln, welche genau nach Fourneyron's Vorschrift construirt wurden, waren von $^1/_8$ Zoll starkem Eisenblech, und in gußeisernen Stanzen genau nach der obengenannten Krümmung gepreßt worden, und die ihnen gegebene Form noch insbesondere dadurch gesichert, daß sie gegen die Zwischeneinsatzbretter geschraubt waren. Die Directionsschaufeln waren nach einem einfachen Kreisbogen geformt, und bei der Verzeichnung desselben war nur Rücksicht darauf genommen worden, daß das letzte Element unter dem bereits erwähnten Winkel gegen den Durchmesser einfiel und der Abstand zweier Schaufeln von einander sich nach der Mündung hin nicht verengte, sondern allmählich erweiterte.

Dieses Rad wurde an dem Ende eines mit aller Sorgfalt ausgeführten hölzernen Gerinnes aufgestellt. Die Welle lief unten mit einem Stellzapfen auf einer Stahlplatte. Beide waren gehärtet und letztere lag in einem Pfannenhalter, welcher auf einem, durch einen eingerammten Pfahl unterstützten und noch an zwei Pfählen des Gerinnes angebolzten Steg aufgeschraubt war. Der Hals der Welle wurde von einer Messingpfanne umfaßt, die in einem ähnlichen Pfannenhalter lag und durch Seitenschrauben in die richtige Lage gebracht werden konnte. Der letztere Pfannenhalter war auf zwei Spannbalken des Gerinnes aufgeschraubt, und diese gleichzeitig mit benutzt, um die zum Tragen der Directionsscheibe bestimmte Röhre zu umfassen und in der richtigen Höhe im Rade selbst zu erhalten. Zwei von der Seite durchgezogene Schrauben befördern das hierbei nöthige Zusammenziehen dieser beiden Spannbalken. — Zum Reguliren der durch das Rad abzuführenden Wassermenge war ein Schützenkranz angeordnet. Derselbe bestand aus einem gußeisernen Cylindermantel, an dessen innerer Seite immer zwischen zwei Directionsschaufeln Holzstückchen angeschraubt waren. Dieser Schützenkranz hing an drei oben mit Gewinden versehenen Schützenstangen, und konnte durch die oben mit Knaggen aufliegenden Muttern gehoben und so tief gesenkt werden, daß er sich auf dem Rand der Directionsscheibe aufsetzte und allen Abfluß des Wassers aus dem Rade sperrte. Die Führung des Schützenkranzes geschah in einem aus Holzdauben zusammengesetzten und in einem Holzkranz befestigten Cylinder. Die Dichtung zwischen Kranz und Cylinder erfolgte durch einen mit kleinen Schrauben befestigten einfachen Lederring.

Um eine Scheibe an der stehenden Welle legte sich der sogenannte Prony'sche Zaum, der mit dem Regnier'schen Dynamometer verbunden war. Außerdem wurde die Geschwindigkeit der Triebwasser mit dem Woltmann'schen Flügel, und ferner auch die Radumgänge und das abfließende Wasser beobachtet.

Die Resultate der 14, mit dem so vorgerichteten Rade angestellten Versuche waren keineswegs günstig, der Wirkungsgrad schwankte zwischen 0,141 bis 0,223. Die Radschaufeln waren zu wenig gekrümmt, und das Wasser floß, wie man ganz deutlich wahrnehmen konnte, mit zu großer Geschwindigkeit aus den Zellen. In der schon oben erwähnten Uebersetzung von d'Aubuisson's „Handbuch der Hydraulik," S. 413, hatte der Maschinendirector Brendel in Freiberg bereits bemerkt, daß die von Herrn Fourneyron angegebene Construction der Schaufelcurven der Theorie nicht völlig entspreche, und vorzüglich der Winkel, den die Richtung dieses letzten Elementes der Schaufel mit der Radtangente beschreibt, höchstens 15° betragen müsse. Mit Berücksichtigung dieser Angabe wurde nun zwischen die hölzernen Kränze des Wasserrades eine gleiche Zahl von Schaufeln, nämlich 22 Stück, eingesetzt, deren Krümmung stärker war; die 11 Directionsschaufeln blieben. Auch hier war die Geschwindigkeit des aus den Zellen fließenden Wassers noch viel zu groß, wie der berechnete Effect auch bestätigt. Bei 7 Versuchen schwankte der Wirkungsgrad zwischen 0,257 und 0,312. Um indeß auch zu ermitteln, welchen Einfluß die Zahl der Directionsschaufeln hätte, wurde die Zahl derselben auf das Doppelte, mithin auf 22 erhöhet, und durch 12 Versuche ein Wirkungsgrad von 0,365 bis 0,509 erhalten.

Es wurde nunmehr auch die Zahl der Radschaufeln auf das Doppelte, mithin auf 44 erhöht, die Schaufelhöhe selbst aber auf 3″ erniedrigt. Die 22 so angestellten Versuche waren schon um Vieles befriedigender, sie gaben einen Wirkungsgrad von 0,501 bis 0,705. Das die Zellen des Rades verlassende Wasser hatte indeß immer noch zu große Geschwindigkeit. Es ergab sich ferner, daß die hölzernen, zur Unterstützung der Radkränze angeordneten Arme, unerachtet der Blechverkleidung, doch zu vielen Widerstand im Unterwasser fanden. Es wurde daher eine muschelförmige Schale aus Gußeisen gefertigt und auf den damit verbundenen untern Kranz die Radschaufeln befestigt und durch einen obern, ebenfalls gußeisernen Kranz verbunden. — Die Schaufeln, deren Krümmung geändert war, wurden auch zwischen gußeisernen Stangen gepreßt; ihre Befestigung war aber nicht so bequem als diejenige gegen die früher angewendeten Holzstückchen, insbesondere, wenn jede Erhöhung auf ihren Flächen und überhaupt im Zellenraum vermieden werden sollte. Es wurden daher kleine Platten von der Form des Raumes zwischen den Schaufeln gegossen und die Schaufeln gegen die vorspringenden Ränder dieser Platten mit kleinen Schrauben befestigt. Zwei Schaufeln, eine obere und eine untere Platte bildeten eine Zelle. Die Verbindung einer solchen Zelle mit den Kränzen des Rades selbst erfolgte durch eine Schraube, welche von der Außenseite der Kränze in der, durch einen Steg mit den Rändern der Platte vereinigten Kopf eingeschraubt wurde. Zwischen je zwei so gebildeten Zellen wurde nun ferner eine, der vorigen ähnliche, gußeiserne Platte ohne Seitenränder, zur Verstärkung mit einem Längensteg in der Mitte versehen, eingesetzt und mit einer Schraube, jedesmal von außen, befestigt. Die Dimensionen des Rades waren dieselben geblieben, auch hatte es 44 Radschaufeln, deren Höhe wieder 3″ betrug. Die feste Scheibe, in der Mitte mit 22 Directionsschaufeln, war nicht geändert worden. Durch 45 Versuche erhielt man den Wirkungsgrad 0,92 im Mittel. Das Wasser floß weit ruhiger und mit geringer Geschwindigkeit aus den Radzellen. Das günstige Resultat war aber nicht allein Folge der Schaufelkrümmung, sondern auch der angeordneten gußeisernen Schale. Dieß Letztere bestätigte sich durch Versuche, welche mit einem aus den frühern Rädern zusammengesetzten Rade angestellt wurden. Das Rad hatte hölzerne Kränze, zwischen denen 44 Stück, nach

Digitized by Google

der als zu weit angeführten Krümmung gepreßt, 4" hohe Schaufeln befestigt worden waren. Die Kränze waren auf die gußeiserne Schale aufgeschraubt. Die Directionsscheibe war wie früher mit 22 Directionsschaufeln versehen worden. Aus 25 Versuchen erhielt man nämlich hier im Mittel die Wirkungsgrade 0,86 bis 0,69.

Für die Ermittelung einer Vorschrift zum Bau dergleichen horizontaler Räder war es von Werth zu erforschen, um wieviel die dem nutzbaren Gefälle zugehörige Geschwindigkeit durch den Austritt aus den Zellen des Rades, sowohl während des Ganges, als auch während des Feststellens des Rades, wohl vermindert wird. Es wurde daher noch eine Versuchsreihe mit dem gußeisernen Rade gemacht, wobei dasselbe mittelst des Prony'schen Zaums so festgestellt worden war, daß es sich nicht bewegen konnte.

Mit Benutzung der bei den Versuchen beobachteten Zahlen, ergiebt sich der Ausflußcoefficient des aus dem Rade strömenden Wassers zu 0,56.

Bergrath Schitko zu Schemnitz (Beiträge zur Berg-Baukunde, insbesondere zur Maschinen-Lehre, Heft 2, S. 117 ꝛc., Wien, 1834) beschreibt eine im Michaelisschachte zu Hodritsch in Ungarn, im Jahre 1819 erbauten Reactionsmaschine für eine hohe Fallhöhe (401 Fuß), welche Wasserhebung zum Zweck hat.

Ehe wir jedoch das Capitel von den Wasserrädern schließen, müssen wir noch von einer Maschine reden, die zwar kein eigentliches Wasserrad ist, denselben aber im Allgemeinen so ähnlich ist, daß ihre Beschreibung als Anhang zu denselben füglich Platz finden kann; es ist dieß ein umgekehrtes Kastenwerk, oder

die Kette mit Zellen oder Kästen (Chain of buckets, engl.). Die Maschine und ihre Wirkung sind sehr leicht verständlich. Sie ist in Fig. 9, Taf. VII, in einer Seitenansicht dargestellt, die Kästen jedoch als aufgeschnitten gedacht. C, D, F, I, H sind eine Reihe von Zellen oder Kästen, welche durch eine Kette ohne Ende mit einander verbunden sind. Diese Kette geht über zwei Räder, A und B, von denen das obere an der Welle sitzt, welche die zu betreibende Maschinerie in Bewegung setzen soll. E ist das Gerinne, welches das Aufschlagewasser in die Kästen führt und durch dessen Druck oder Gewicht die Bewegung hervorgebracht wird. Der hauptsächlichste Vorzug dieser Maschine besteht darin, daß die Zellen kein Wasser fallen lassen, ehe sie nicht den niedrigsten Punkt erreicht haben, welches, wie wir sahen, bei einem gewöhnlichen oberschlächtigen Wasserrade nicht der Fall ist. Ein anderer Vortheil besteht darin, daß, da die Kette mit den Kästen über ein Rad von kleinem Durchmesser geht, dasselbe rascher, als ein hohes Rad umlaufen kann, ohne daß die Geschwindigkeit der niedergehenden Kästen über die zweckmäßige Grenze beschleunigt wird. Die vorliegende Maschine ist daher sehr gut, wenn die zu betreibende Maschinerie schnell umgehen soll. Auf der andern Seite ist aber auch die Reibung der Kette über dem obern Rade sehr bedeutend, da die Glieder von jener über Zähne greifen müssen, die an der Peripherie des Rades vorhanden sind. Obgleich dieß nun ein Nachtheil der Maschine ist, so kann man sie dennoch in gewissen Fällen sehr vortheilhaft und zweckmäßig anwenden.

Siebentes Capitel.

Von den Wassersäulen-Maschinen.

Diese Maschinen gehören zu denjenigen Erfindungen mechanischer Betriebsamkeit, welche der Bergbau veranlaßt hat, und sie sind in neuerer Zeit, besonders durch die Bemühungen des leider zu früh verstorbenen Ritters v. Reichenbach in die Reihe der sehr vollkommenen Maschinen getreten. Ihre Anwendung ist besonders dann nützlich, wenn nur geringe Mengen von Aufschlagewasser, dagegen aber sehr beträchtliche Gefällhöhen zu Gebote stehen. Bekanntlich steht bei allen durch Wasserkraft umgehenden Maschinen der Aufschlagewasser-Bedarf in umgekehrtem Verhältniß mit der nutzbaren Fallhöhe, dergestalt, daß die Wirkung in der Hauptsache gleich ist, wenn z. B. entweder die doppelte Wassermenge unter einem einfachen Gefälle, oder die einfache Wassermenge unter doppeltem Gefälle benutzt werden kann. Weil aber, wie wir schon bemerkten, oberschlächtige Wasserräder nur in einer beschränkten Höhe, die selten über 50 Fuß hinaus geht, haltbar zu erbauen sind, so ist die zweckmäßige Anwendbarkeit einer Wassersäulenmaschine leicht zu erkennen, wenn es darauf ankommt, unter Gefällhöhen über 50 bis 1000 und mehren Fußen, mit einer verhältnißmäßig nur geringen Wassermenge, die zum Betriebe von Rädern in getheilter Folge oft ganz unzureichend ist, bedeutende Triebkräfte zu erzielen.

Das Wesentliche der Einrichtung einer Wassersäulenmaschine besteht in einem gut ausgebohrten, gewöhnlich stehenden Cylinder, in welchem gehörig gelieferte Kolben durch Wasserdruck, entweder einseitig (einfachwirkend) oder zweiseitig, nämlich abwechselnd, erst aufwärts und dann niederwärts (doppelwirkend) in jedem Hube mit einer angemessenen Kraft getrieben, also auf- und niedersteigend, bewegt werden können. Verbindet man nun einen solchen Kraftkolben mit einem Lastgeschirr, z. B. von Pumpen zur Wasserhebung (s. dritte Abtheilung dieses Bandes), für welche die Säulenmaschinen vorzüglich geeignet und zunächst erfunden sind, so erhellet deren Gebrauchsweise, die den Umständen nach entweder unmittelbar und sehr einfach, wie bei Druckwerken, die vom Standorte des Betriebscylinders aufwärts pumpen, oder mehr und weniger mit unentbehrlichem Zwischengeschirr, wie bei Saug- und Hebepumpen, aus beträchtlicher Tiefe unter dem Treibcylinder verknüpft sein kann.

Digitized by Google

Der auf den Kraftkolben einwirkende Wasserdruck entsteht nun in einer, seinem Triebcylinder angebaueten Röhrensäule, der sogen. Einfallröhre, die sich aufwärts bis zum Einschlagepunkte des Wassergefälles erstreckt, und nach geschehener Anfüllung eine unter dem Treibkolben fußende Wassersäule bildet, deren senkrechte Höhe dem vorhandenen Gefälle entspricht. Die Größe des Drucks, welchen diese Wassersäule auf den Treibkolben ausübt, berechnet man nach der Fläche des benannten Kolbens und der durch das senkrechte Gefälle gegebenen Druckhöhe dergestalt, daß diese Druckgröße jedenfalls — in seigern oder senkrechten, wie auch in flachen oder donlägigen Schächten und über Tage an Bergabhängen — gleich ist dem Gewicht einer lothrecht stehenden Wassersäule, deren Inhalt durch die Multiplication der Kolbenfläche mit der Druckhöhe gefunden wird. Wenn z. B. die freie Treibkolbenfläche = 1 ½ Quadratfuß, die erwähnte Fall- oder Druckhöhe = 800 Fuß und das Gewicht von 1 Kubikfuß Wasser = 52 Pfund: so ist die auf den Treibkolben einwirkende Pressung gleich dem Gewicht von 1000 Kubikfuß Wasser à 52 Pfund = 52,000 Pfund, oder nahe 473 Centner. Eben soviel Gewicht vermag nun der Treibkolben, falls solches demselben aufgelegt oder angehängt würde, zu tragen, wenn es darauf ankäme, einer solchen Last (473 Centner) ohne Bewegung das Gleichgewicht zu halten.

Nach dieser allgemeinen Uebersicht von der Beschaffenheit und Wirksamkeit der Wassersäulenmaschinen, wollen wir nun einige derselben genauer betrachten. Wir bemerkten schon weiter oben, daß die Maschinen einfach- und doppeltwirkend sein können; obwohl nun die letztern im Verhältniß zum Kraftaufwande weit mehr leisten als die einfach wirkenden und auch zur Hervorbringung einer Kreisbewegung benutzt werden können und benutzt worden sind, so giebt man doch als Wasserhebungsmaschinen — und als solche werden die Wassersäulenmaschinen hauptsächlich benutzt — gewöhnlich den einfachwirkenden den Vorzug, und eine solche wollen wir hier näher betrachten.

Auf der großartigen, 14 deutsche Meilen langen Soolenleitung zwischen den vier baierischen Salinen, Berchtesgaden, Reichenhall, Rosenheim und Traunstein, sind neun nach verschiedenen Systemen von dem verewigten v. Reichenbach construirte Wassersäulenmaschinen vorhanden, von denen die größte zu Illsang, 1 ½ Stunde von Berchtesgaden, befindlich ist. Wir wollen dieselbe hier, mit Hülfe der Taf. XI und XII, nach dem Portefeuille industriel, Tome I, p. 93 etc. beschreiben; indem sie nicht allein die größte, sondern auch die vollkommenste von den Maschinen des berühmten Mechanikers ist. Sie ist einfachwirkend und lößt mit einem 25 ½ Zoll weiten Cylinder eine bis dahin noch nicht versuchte Aufgabe der Mechanik, indem sie die gesättigte Salzsoole, vermittelst eines Druckwerks, durch einen 11 ½ zölligen Stiefel, in 4 ½ zölligen Röhren, von 3506 Fuß flacher, dem Gebirgsabfalle folgender Länge, auf eine senkrechte Höhe von 1218 baierischen Fußen empor hebt. Die Druck- oder Kraftwasser mußten 1 ½ Meilen weit herbeigeleitet werden.

Allgemeine Anordnung der Maschine. — Die Wassersäule, die als Betriebskraft wirkt und die allen Theilen des Mechanismus die Bewegung ertheilt, wird durch die Röhre A herbeigeführt und fließt, nachdem sie

gewirkt hat, durch die Röhre N ab (Figur 1 und 2, Tafel XI).

Um das Spiel des Drucks und der Mittheilungen der Bewegungen besser verstehen zu können, bemerken wir, daß das ganze mechanische System auf die vier Senkrechten A', C', F' und O' vertheilt ist.

In der Senkrechten A' liegt die Röhre B, welche von der Röhre A abgeleitet worden ist und welche das erhaltene Wasser der horizontalen Röhre B' mittheilt, wenn der Hahn b geöffnet ist.

In der Senkrechten C' liegt die Röhre C, die man in der Fig. 13, Taf. XII in vergrößertem Maaßstabe sieht. Sie erhält das Wasser durch die Röhre B' und enthält zwei Kolben d und d', die an derselben Stange D' (Fig. 17) sitzen. In den Fig. 1 und 2 sind diese Kolben in den äußersten Stellungen dargestellt, welche sie annehmen können.

In der Senkrechten F' liegt die Vertheilungsröhre, bestehend aus zweien, genau in einer Axe liegenden Pumpenstiefeln, einem obern F, und einem untern GH, von etwas größerm Durchmesser. In ersterm bewegt sich der Kolben K und in dem zweiten die beiden Kolben L und M. Alle drei, unveränderlich mit einander verbundenen Kolben liegen in einer Axe und bewegen sich in den Pumpenstiefeln auf und nieder.

In der Senkrechten O' liegen die drei Cylinder P, Q und R in einer Axe. Der erstere enthält den Gegenkolben S, der zweite den Haupt- oder Betriebskolben T und der dritte den Druckkolben U, der die Salzsoole in den Steigeröhren empordrückt. Auch diese drei Kolben sind unveränderlich mit einander verbunden und liegen in sorgfältig bestimmten Entfernungen in einer Axenlinie. Die Cylinder P und R haben gleichen Durchmesser und sind beide oben offen, um frei mit der Atmosphäre communiciren zu können. Der Kraft- oder Betriebskolben Q ist oben geschlossen, aber unten ebenfalls offen.

Der Cylinder R für das Druckwerk der Soole, die Saugröhre X, die Kammer für die Ventile x und x' der Saug- und der Druckröhre, und die Druckröhre Y ruhen auf einem starken Mauerwerk (Fig. 1 und 2), welches nicht allein das Gewicht der Stücke, sondern auch den Druck, welchen diese aushalten können, zu tragen vermag.

Der auf die vier Senkrechten A', C', F' und O' vertheilte Mechanismus, der gewissermaßen ein zweites Stockwerk des Apparates bildet, wird seinerseits von verschiedenen Säulen q und q' und durch eine große gußeiserne Platte V, die mit mehren Verstärkungsrippen versehen ist, getragen und diese Platte ruht selbst auf einem hinreichend starken Mauerwerk.

Diese allgemeine Uebersicht kann dazu dienen, das Spiel der Maschine leichter zu begreifen.

Spiel der Maschine. — Wir wollen annehmen, die Maschine sei seit langer Zeit in vollem Betriebe, und wir wollen sie in dem Augenblick betrachten, in welchem die Kolben und alle beweglichen Maschinentheile die in Figur 1 dargestellten Stellungen einnehmen. Der Betriebskolben beginnt alsdann seinen Niedergang und der Apparat befindet sich in folgenden Zuständen:

Er ist von aller Luft gereinigt, der Hahn a' ist geschlossen und der Hahn b geöffnet. Unter dem Kolben U, in der Röhre R', in der Ventilkammer x und x' und in der

Digitized by Google

Steigerdhre Y, steht Salzsoole; der Druckkolben U beginnt seinen Niedergang, der von ihm ausgeübte Druck schließt das Ventil x, hebt das Ventil x′ und die Kraft, welche er, um niederwärts zu gehen, anwenden muß, ohne die Reibung zu berücksichtigen, ist gleich dem Gewicht einer Salzsoolensäule, die zur Basis die Grundfläche des Kolbens und zur ganzen Höhe die senkrechte Höhe der aufsteigenden Säule hat.

Das Betriebswasser, welches die Pumpencylinder P und F, und die gekrümmte Communicationsröhre P′ ausfüllt, fließt durch die Oeffnung j ab, weil es, in dem Maaß, als der Kolben S sinkt, vertrieben wird.

Unter den Kolben L und M und in der Seitenröhre C befindet sich Wasser, welches frei mit der Abfluß- oder Hinterröhre N communicirt, denn die Röhre C steht auf der einen Seite, mittelst der Oeffnung c (Fig. 1 und 13) mit dem Raum unter dem Kolben M, und auf der andern Seite mit dem unter dem Kolben L, mittelst der Oeffnung c′ (Fig. 1 und 13), in Verbindung.

Das Triebwasser gelangt durch die Röhre B und durch den Hahn b herbei, um auf die beiden kleinen Kolben d und d′, die an der Stange D (Fig. 1 u. 13) sitzen, zu wirken; allein es kann sie nicht in Bewegung setzen, weil diese gleichen Kolben einen gleichen und entgegengesetzten Druck erhalten.

Endlich gelangt auch das Triebwasser, dessen Zuströmen durch das Ventil a regulirt wird, zu den beiden ungleichen Kolben K und L; der Druck von unten nach oben, den es auf den erstern und kleinern ausübt, ist etwas geringer, als der Druck von oben nach unten, der auf den zweiten, größern ausgeübt wird. Er sucht demnach diesen niederzudrücken. Diesem Bestreben widersetzt sich aber die Stange m, welche unter dem Kolben M angebracht ist und deren Ende gegen den Boden des Cylinders GH drückt. Demnach bleiben die Kolben K, L, M, unbeweglich in der, in Fig. 1, während des ganzen Niederganges des Triebkolbens T und der Kolben S und U, die mit ihm verbunden sind, dargestellten Stellung. Das Triebwasser geht also durch den Raum zwischen den Kolben K und L, übt einen Druck auf dieselben aus, bringt aber keine Bewegung hervor, dringt durch die Communicationsröhre Q′ und gelangt endlich auf den Triebkolben, um auf demselben eine mechanische Wirkung auszuüben.

Nachdem nun diese Bedingungen festgestellt sind, ist es leicht, das Spiel der Maschine und ihre Wirkungen zu erkennen, sei es nun während des Aufganges, oder während des Niederganges des Kolbens.

Niedergang des Kolbens. — Der auf den Triebkolben T hervorgebrachte Druck ist gleich dem Druck einer Wassersäule, welche die Oberfläche des Kolbens zur Basis und zur Höhe die senkrechte Höhe des Falles über der Basis hat. Dieses Gewicht ist die Kraft der Maschine.

Der Widerstand besteht: 1) Aus der Reibung (den wir für den Augenblick unberücksichtigt lassen); 2) aus der Anstrengung, welche der Kolben S und 3) aus der, welche der Kolben U zu machen hat.

Nun hat aber der Kolben S nur das unter sich befindliche Wasser zu vertreiben und es durch die Röhre P′ und durch die Oeffnung j zu verdrängen, zu welchem Zweck schon der atmosphärische Druck, der auf S wirkt, beiträgt, und er ist nur dann erst unwirksam, wenn der Kolben S unter das Niveau der Oeffnung j herabgegangen ist. Demnach ist also die Anstrengung des Kolbens S immer sehr gering.

Was nun die Anstrengung des Kolbens U betrifft, so wird sie durch den Druck von unten nach oben gemessen, welcher den Kolben in dem Maaß, daß er sinkt, zurückstößt; und dieser Druck ist gleich dem Gewicht der Salzsoolensäule, die zur Basis den Kolben selbst und zur Höhe die senkrechte Höhe der Röhre Y, über seinem Standpunkte hat. Es ist dieß, wie man sieht, der wesentliche Theil des Widerstandes, und überall muß man die Verhältnisse der Kolben T und U so berechnen, daß die Triebkraft auf solche Weise das Uebergewicht über den Widerstand hat, daß der Kolben T mit einer zweckmäßigen Geschwindigkeit niedergehen kann. Der Lauf dieser Kolben ist im Allgemeinen klein genug im Verhältniß zu der Höhe des Falles und zu der Länge der gehobenen Säule, daß die Zunahme der Kraft und des Widerstandes, die in dem Maaß, daß die Kolben niedergehen, stattfindet, so daß sie fast ganz unmerklich seien. Man sieht demnach ein, daß der Triebkolben T fast regelmäßig bis auf den tiefsten Punkt seines Laufs gelangen kann, indem er ein, dem räumlichen Inhalt des Kraftcylindes Q gleiches Volum Wasser verbraucht und daß der gleichfalls niedergehende Kolben U ein Volum von Salzsoole hebt, welches gleich der Capacität des Cylinders R ist.

Dieß ist die sehr einfache Wirkung, welche die Maschine während des ersten Theils ihres Spiels, d. h. während des Niedergangs des Kolbens hervorbringt.

Wir müssen nun jetzt sehen, wie der zweite Theil des Spiels erfolgt, d. h. der Aufgang des Kolbens, und wie die Maschine selbst die Veränderung hervorbringt, welche die abwechselnde Bewegung bestimmt.

Uebergang des Niederganges zum Aufgang. — Wenn der Triebkolben T an seinen niedrigsten Standpunkt gelangt, so stößt der kleine Nagel e′, an der Stange t, in der Nähe des obern Endes von T′ (Fig. 1 und 6) gegen die Gabel E′ des Hebels E′E, dessen Stützpunkt in e″ ist; er drückt auf diese Gabel und nöthigt sie, nieder zu gehen, der Hebel dreht sich, das Ende E geht in die Höhe und hebt die Stange D, und die Kolben d und d′ (Fig. 1 und 17) nehmen die Stellung an, welche in Fig. 2 dargestellt worden ist.

Alsdann übt das, in der Röhre B′, die mit B und mit A in Verbindung steht, befindliche Wasser noch gleichen und entgegengesetzten Druck auf die Kölbchen d und d′ aus, und läßt sie unbeweglich; es dringt aber dagegen durch die Seitenöffnung c, die eben geöffnet wird, und unter den Kolben M, übt auf demselben einen Druck von unten nach oben zu aus, der gleich dem von oben nach unten auf L ausgeübten Druck ist, und da in diesem Augenblick der, von unten nach oben auf dem Kolben K ausgeübte Druck aufhört, da ihm nicht mehr das Gleichgewicht gehalten wird, so thut er seine Wirkung, und hebt schnell das System der drei Steuerungskolben K, L und M, von denen der obere Gegenkolben, der zweite der Wechselkolben und der dritte der untere Gegenkolben genannt wird, um sie in die auf Fig. 2 dargestellte Lage zu bringen.

Digitized by Google

Sobald diese Wirkung statt gefunden hat, dringt das Kraftwasser aus der Einfallröhre A, da es keinen andern Ausweg hat, in die Verbindungsröhre P′ und unter den Kolben S, um auf denselben einen Druck auszuüben, der im Stande ist, die drei Kolben S, T und U zu heben und eine aufsteigende Bewegung hervor zu bringen.

Aufgang des Kolbens. — Die Kraft, welche den Aufgang des Kolbens bewirkt, ist, wie wir sahen, der von unten nach oben auf den Kolben S ausgeübte Druck; folglich ist er gleich dem Gewicht der Wassersäule, die zur Basis den Kolben selbst und zur Höhe die Höhe des Triebwassers über dem Kolbenstande hat. Er würde vom Anfang bis zum Ende des Laufes abnehmen, wenn die Höhe der Wassersäule nicht sehr bedeutend wäre.

Der Widerstand besteht: 1) aus der Reibung; 2) aus der Anstrengung, welche der Triebkolben und 3) aus der, welche der Druckkolben U zu machen hat.

Nun ist aber von dem Augenblick an, daß der Kolben L die in Fig. 2 dargestellte Stellung angenommen hat, das über dem Triebkolben T befindliche Wasser, ferner das in der Röhre Q′ und das zwischen den beiden Kolben L und M befindliche, nur eine Masse, die mit der Oeffnung I der Hinterröhre N in Verbindung steht. Ohne daher die Reibungen zu berücksichtigen, hat der Triebkolben T nur eine Wassersäule zu heben, die zur Basis den Kolben selbst und zur Höhe das Ende der Röhre N über dem Stande des Kolbens hat.

Was nun die Anstrengung betrifft, die der Kolben U zu machen hat, so ist es klar, daß, weil er oben mit der atmosphärischen Luft in Verbindung steht, er eine Salzsoolensäule heben muß, die zur Basis den Kolben und zur Höhe die Höhe des Kolbens über dem Niveau der Soole selbst hat. Dieser Theil des Widerstandes nimmt merklich und in dem Maaß zu, daß sich der Kolben U erhebt, weil das Niveau der Soole nur bis auf 15 oder 20 Fuß unter dem Saugventil x vermindert werden kann.

Die Durchmesser der Kolben S, T und U sind nach Localumständen und so berechnet, daß die Triebkraft den Widerstand mit einer zweckmäßigen Geschwindigkeit, sowohl beim Auf- als beim Niedergange, zu überwinden vermag; dieser doppelten Bedingung müssen sie genügen.

Bei der aufgehenden Bewegung werden diese Bedingungen auf die folgende Weise erfüllt: das unter den Kolben S tretende Triebwasser hebt die drei Kolben S T U (Fig. 2); das Ventil x′ ist geschlossen, das Ventil x hebt sich und die Soole tritt durch die Röhre R′ unter den Kolben U; das über dem Triebkolben T befindliche Wasser dringt durch die Röhre Q′ in den Zwischenraum zwischen den beiden Kolben L und M und entweicht durch die Oeffnung I der Hinterröhre.

Diese Wirkungen dauern so lange fort, bis die drei Kolben S, T und U an den obersten Punkt ihres Laufs angelangt, und wiederum die in Fig. 1 dargestellte Stellung angenommen haben. Da nun alsdann die aufwärtsgehende Bewegung der Maschine vollendet ist, so macht diese selbst die Veränderung, welche den Niedergang bewirkt.

Uebergang des Aufganges zum Niedergange. — Wenn der Kolben T seinen höchsten Punkt erreicht hat, so stößt der Nagel e an der Stange t, in der Nähe des

untern Endes der Kolbenstange T′ (Fig. 1 und 6) gegen die Gabel E′ des Hebels E′E, hebt ihn in die Höhe und dreht ihn um seine Axe e″. Alsdann geht das Ende E des Hebels nieder, nimmt die Stange D und die beiden Kölbchen d und d′, die ebenfalls zu der in Fig. 1 dargestellten Stellung zurückgeführt sind, wieder mit. Das unter dem Kolben M stehende Wasser, welches stets in Verbindung mit der Oeffnung c ist, hört auf mit den Röhren B′, B und A im Zusammenhange zu sein, und communicirt nur mit der Röhre C und durch die Seitenöffnung c′ mit der Oeffnung I. Von diesem Augenblick an findet nur ein leichter Druck auf den Kolben M statt, und der Druck von oben nach unten auf den Kolben L übersteigt den von unten nach oben auf den Kolben K wirkenden Kolben so, daß die drei Gegenkolben K, L und M schnell in die Stellung geführt werden, wie sie Fig. 1 darstellt. Während dieser Zeit fließt das über M befindliche Wasser ab, indem es durch c, C, c′ und I nach der Hinterröhre N geht.

Auf diese Weise werden alle beweglichen Maschinentheile in die Stellung zurückgeführt, welche den Niedergang bestimmt, der auf die angegebene Weise vollbracht wird.

Wenn die Maschine gehörig aufgestellt ist, wenn alle Kolben auf ihren Stangen und in ihren relativen Stellungen befestigt sind, wenn dasselbe mit den Nägeln e und e′ der Fall ist, und wenn das Klappenventil, welches die Zuführung des Wassers nach der vorhandenen Quantität der Aufschlagewasser regulirt, die gehörige Stellung erlangt hat, so begreift man, daß das Spiel der Maschine mit großer Regelmäßigkeit erhalten werden kann.

Um die Maschine gänzlich zum Stillstande zu bringen, ist es hinreichend, den Hahn b zu verschließen, der auch einzig nur den Zweck hat, diese Wirkung hervorzubringen, und mit dem sie sicherer erreicht wird, als mit dem Ventil a.

Der Lufthahn a′ dient dazu, die Maschine von der atmosphärischen Luft zu reinigen, wenn man sie in Betrieb setzen will; während des Betriebs ist er fortwährend geschlossen.

Wir wenden uns nun zu der Beschreibung der hauptsächlichsten einzelnen Theile der Wassersäulenmaschine zu Illsang. Alle Cylinder und alle Röhren, in denen bewegende Maschinentheile wirken, bestehen aus Kanonenmetall oder Bronze; man unterscheidet auf den verschiedenen Figuren leicht, wie diese Maschinentheile gegossen und wie sie zusammen verbunden sind.

Der Lufthahn a′ und das Ventil a sind in besondern Stücken angebracht und ihre Zusammensetzungsfugen, so wie die der Röhren B und B′ sind konisch und mit Scheiben versehen. Die Schraube c″ verschließt die Oeffnung, welche man in der Röhre C (Fig. 13) anbringen mußte, um die Seitenöffnung c einzubohren. Gegen der Oeffnung c über ist eine ähnliche Oeffnung verschlossen, allein der Verschluß ist zum Theil durch die Scheibe der Röhre B′ bedeckt; die Schraube b′ endlich verschließt das untere Ende der Röhre B.

Die beiden kleinen Vertheilungskolben d und d′ (Fig. 1, 2 und 17) bestehen aus Zinn und sind mittelst Schrauben an der gemeinschaftlichen Stange befestigt, mit welcher die Stange D durch einen Wirbel verbunden ist, und an dem andern Ende auf gleiche Weise mit dem Punkt E des

Digitized by Google

Hebels EE′ zusammenhängt; von letzterm sieht man in Figur 12 eine Seitenansicht und eine Ansicht von oben.

Jeder von den drei großen Wechsel- oder Gegenkolben K, L, M (Fig. 1, 2 und 15) besteht aus einer bronzenen Walze, die mit einem zinnernen Ringe umgeben ist, welcher die Liederung bildet, oder der mit den Cylinderwänden in Berührung steht. Die Biegsamkeit des Zinnes gestattet eine sehr fest schließende Liederung. Der zinnerne Ring springt nur wenig über die Bronzewalze vor. Die beiden Kolben L und M sind durch zwei Stangen l und l mit einander verbunden und zwar durch Splette, wie die Fig. 15 näher zeigt. Die Stange k f, auf welcher der Kolben K auf die, ebenfalls aus der Figur deutliche Weise verbunden ist, steht durch eine Kugel mit dem Kolben L in Verbindung. Durch diese Vorrichtung wird der nöthige Spielraum erlangt, damit sich der dritte Kolben K genau in die Axe der beiden ersten Kolben L und M richtet.

Die drei Kolben S, T und U haben jeder eine besondere Einrichtung, die wir hier angeben wollen.

Der Kolben S besteht, wie der Kolben K, aus einer bronzenen, mit einem zinnernen Ringe umgebenen Walze; er ist auch auf die nämliche Weise mit seiner Stange verbunden.

Der Triebkolben T (Fig. 1, 2, 5, 6, 7, 8) besteht aus einem oben und unten ausgehöhlten Stück von Bronze, wie man aus dem Durchschnitt Fig. 6 deutlich ersieht. Auf seiner Peripherie ist er von zwei zinnernen Ringen Z, Z (Fig. 6 und 8) umgeben, die an dem Punkte Z″ (Fig. 8) so durchschnitten sind, daß sie übereinander greifen. Diese Ringe sind hinlänglich elastisch, um sich etwas zu öffnen, wenn von innen ein Druck darauf wirkt, und um sich wieder zu schließen, wenn der Druck aufhört. Diese Eigenschaft wird mittelst kleiner Röhren z′ benutzt, die in der Masse des Kolbens vorhanden sind, und in der Mitte eines jeden zinnernen Ringes in eine Rinne auslaufen, welche die Peripherie des Kolbens umgiebt. Jeder der beiden Ringe hat acht solche Röhren z′ (Fig. 7, welche eine Ansicht von oben des Kolbens ist). Während der Kolben von den Triebwassern niedergedrückt wird, dringt das Wasser in diese Röhrchen und drückt die zinnernen Ringe gegen die Cylinderwand. Beim Aufgange des Kolbens ist dagegen der Druck schwach, die Ringe schließen sich wieder und üben nur eine geringe Reibung aus.

Der Kolben U der Pumpe besteht aus Scheiben von mit Fett getränktem Leder u, die in der Fig. 11 für sich allein dargestellt worden sind. Die Art und Weise, wie die Scheiben zu dem Kolben über einander gelegt worden sind, ist aus Fig. 6 ersichtlich. Eine andere zweckmäßigere Einrichtung dieses Kolbens ist in Fig. 18 dargestellt. Es enthält derselbe zwei verschiedene Schichten von Lederscheiben, von denen die obere, weitere, als Druckkolben dient, die untere, von geringerm Durchmesser, den Stoß auffängt, indem der Kolben auf die Platte y der Röhre R niederschlägt. Dieses Auffangen des Stoßes ist nöthig und eine sehr wesentliche Bedingung, wenn die Maschine nicht sehr leiden soll.

Die Kolben S und T sind mittelst der Stange S′ verbunden und zwar durch ein Kugeleisen, dessen Einrichtung und Verbindung mit dem Kolben aus Fig. 6 ersichtlich ist.

Oben hat die Stange eine Verstärkung, gegen welche der Kolben S mit einer Schraube befestigt ist, und die in ein Oehr endigen, mittelst dessen man die drei Kolben, nachdem man die Cylinder P und Q auseinander geschroben hat, in die Höhe ziehen kann, indem man ein Seil durchzieht, welches durch eine Winde aufgewickelt wird.

Die Kolben T und U sind mittelst der Stange T′ mit einander verbunden. Es ist dieselbe, wie man aus Fig. 6 ersieht, in den Kolben T eingeschroben. Mit der Kolbenstange T′ sind mittelst der Höhe t′ die beiden Stangen tt verbunden, durch deren Nägel das Ende E′ des Hebels EE′ abwechselnd gesenkt und gehoben wird.

Der eine von diesen Hälsen ist besonders in Fig. 9 dargestellt; in der Fig. 10 sieht man den Falz u′, der zu seiner Aufnahme bestimmt ist, und auf den er keinen Druck ausübt, damit die beiden Stangen tt sehr leicht beweglich um die Stange T′ sind. Reichenbach hat diese Einrichtung angenommen, weil es sich häufig ereignet, daß sich der Kolben T um sich selbst dreht; wären nun die Stangen tt an der Kolbenstange T′ befestigt, so würden sie sich mit derselben drehen und würden den Hebel EE′ verbiegen, oder könnten ihn wenigstens in Bewegung setzen, wenn er in Ruhe bleiben muß. Diejenige von den beiden Stangen, welche auf den Hebel EE′ wirkt, hat einen Ausschnitt (Fig. 5), in den das Ende E′ des Hebels greift. Wenn nun der Triebkolben seinen niedrigsten Stand erreicht hat, so drückt das obere Ende e′ des Falzes auf den Hebelarm E′ und drückt ihn nieder; hat der Kolben dagegen seinen höchsten Stand erreicht, so hebt der Nagel e den Hebelarm. Dieser Nagel kann etwas höher oder niedriger gestellt werden, je nachdem der Hebel EE′ größere oder kleinere Bewegungen machen soll.

Die Fig. 3 stellt einen horizontalen Durchschnitt nach der Linie 1, 2 der Fig. 1 und 2 der Druckpumpe R und der Ventilkammer dar; man sieht in derselben das Saugventil x.

Fig. 4 ist ein horizontaler Durchschnitt nach der Linie 3, 4 der Fig. 1 und 2 des Kraftcylinders Q, die Leitung Q′ des Cylinders GH und der Röhre B.

Die Fig. 14 stellt einen horizontalen Durchschnitt nach der Linie 5, 6 der Fig. 13, des Cylinders GH, der Leitröhre B′ und der Röhre B dar.

Dynamische Wirkungen. — Bei dem Minimum der Wirkung wechselt der Kolben T 129 mal in einer Stunde, d. h. in der Minute 2,15 mal.

Fallhöhe	116 Meter. *	
Lasthöhe der Salzsoole . . .	378 „	
Durchmesser des Kraftcylinders .	0,72	Met.
Desgl. der Kolben S und U . .	0,285	„
Gewöhnlicher Lauf der drei Kolben	1,05	„
Durchmesser der Gegenkolben L u. M	0,235	„
Desgl. des Gegenkolbens K . .	0,195	„
Lauf der drei Kolben	0,33	„

* Wir lassen hier, so wie an andern Orten, das französische Metermaaß stehen, da es für die Leser bequemer ist, dasselbe auf das bei ihnen gültige Maaß zu reduciren, als das eine Fußmaaß aufs andere. Wir lassen der Vorrede einige Reductionstabellen folgen.

Digitized by Google

Oberfläche des Kolbens T . . .	0,4071	Quadr.M.
Desgl. der Kolben S u. U . . .	0,0638	„ „
Desgl. der Kolben L u. M . .	0,04337	„ „
Desgl. des Kolbens K	0,02968	„ „
Räumlicher Inhalt des Kolbens Q bei einer Kolbenhube v. 1,05 M.	0,428	Kub.Met.
Inhalt der Cylinder P u. R . .	0,067	„ „
Inhalt des Cylinders H bei einem Kolbenhub von 0,33 Met. . .	0,015	„ „

Um den Niedergang der Kolben S, T, U zu bewirken, verbraucht man ein Volum Wasser, welches gleich ist dem räumlichen Inhalt des Kraftcylinders Q, nämlich gleich 428 Liter.

Um die Richtung der Bewegung zu wechseln, verbraucht man ein Volum Wasser, gleich dem räumlichen Inhalt des Cylinders H, nämlich 15 Liter.

Um die Kolben S, T und U wieder in die Höhe gehen zu lassen, verbraucht man ein Volum Wasser gleich dem räumlichen Inhalt des Cylinders P, nämlich 67 Liter.

Demnach gebraucht man also zu einem Auf- und Niedergange des Kolbens ein Volum Wasser von 510 Liter, die von der Höhe von 116 Metres herabfallen, d. h. man verbraucht eine Betriebskraft, ausgedrückt durch $510 \times 116 = 59160$ dynamischen Einheiten, indem man als Einheit 1 Kilometer, welches von 1 Meter Höhe herabfällt, annimmt.

Die Betriebskraft erhebt ein Volum, welches dem räumlichen Inhalt des Cylinders R, d. h. 67 Liter gleich ist, auf eine Höhe von 378 Meter. Da nun die gesättigte Salzsoole ein specifisches Gewicht von 1,2 im Verhältniß zu dem Wasser hat, so wägen die 67 Liter 80 Kilogr. und die erhaltene dynamische Wirkung wird daher durch 378×80, oder durch 30240 Einheiten ausgedrückt.

Es folgt daher, daß die Wassersäulenmaschine zu Illsang, die eine Betriebskraft von 59160 dynamischen Einheiten hat, einen reinen Nutzeffect von 30240 dynamischen Einheiten giebt, oder daß 100 dynamische Einheiten wieder hervorbringen

$$\frac{3024000}{59160} = 51.$$

Demnach nutzt die Reichenbach'sche Maschine mehr als 50 Procent von der Kraft, welche zu ihrem Betriebe angewendet worden, und sie steht in dieser Hinsicht über den besten ungarischen Wassersäulenmaschinen, von denen sechs 33, 36, 40, 45, 46 und 50 Procent von der Betriebskraft wieder geben.

Nun haben wir zwar bei der obigen Berechnung den Verlust an Wasser, der statt finden kann, unberücksichtigt gelassen; allein man wird einsehen, daß diese Verluste bei einer sorgfältig construirten Maschine nur sehr gering sein können.

Um die Kraft dieser Maschine nach Pferdekräften, wie bei einer Dampfmaschine zu schätzen, ist es hinreichend, zu bemerken, daß sie in 1 Minute 2,15 Kolbenzüge macht, und daß sie für jeden Zug einen Effect von 30240 Kilogr. auf 1 Meter gehoben, hervorbringt, woraus folgt, daß sie in der Minute 65016 Kilogr. 1 Meter hoch hebt, und daß die Kraft daher ausgedrückt wird durch

$$\frac{65016}{4500} = 14{,}4$$

oder durch 14 Pferdekräfte.

Wenn mehr Aufschlagewasser vorhanden sind, so kann sie ungefähr ein Drittel Wasser mehr verbrauchen und eine Kraft von 18 bis 19 Pferden erlangen.

Wir beschreiben nun mit Hülfe der Figuren 1 und 2, Taf. XIII, noch eine andere einfach wirkende Wassersäulenmaschine, die zwar ebenfalls nach dem Prinzip des Ritters v. Reichenbach construirt ist, aber in manchen Einzelnheiten von der so eben beschriebenen Maschine abweicht und sich durch eine sehr genaue Construction und durch manche Verbesserungen und manche sehr sinnreiche und eigenthümliche Vorrichtungen auszeichnet. Sie ist auf der Bleierzgrube zu Huelgoat bei Poullaouen im französischen Departement Finistère zur Wasserhaltung im Betrieb und erst vor einigen Jahren erbauet. Sie hat viel Aehnliches mit einer zu Clausthal am Oberharz zu demselben Zweck vorhandenen Wassersäulenmaschine. Die Abbildungen der vorliegenden Maschine sind zwar nicht so speciell, als die der baierschen, allein nach der Beschreibung der letztern werden jene hinreichend sein.

Fig. 1 stellt einen Durchschnitt der Haupttheile der Maschine dar, und von dem Kraft- oder Treibcylinder ist nur die rechte Hälfte dargestellt, um an Platz zu sparen. Die linke Hälfte ist der rechten gleich und die Deutlichkeit daher nicht gefährdet.

Die Kraftwasser müssen, ehe sie in die Einfallröhren gelangen, durch Siebe mit der größten Sorgfalt geklärt werden, damit keine Unreinigkeiten in den Kraftcylinder gelangen, indem sie dort und auch schon in den Röhren bedeutende Hindernisse veranlassen würden.

Die gußeisernen Einfallröhren, deren Weite nach dem mit der Maschine zu erlangenden Effect und folglich nach der Menge der Kraftwasser verschieden ist, beträgt für die hier dargestellte Maschine, welche zu den größten und wirksamsten gehört, 0,4 Meter oder 15'/, rheinl. Zoll. Diese Röhren haben nach Verschiedenheit der Tiefe, in welcher sie angewendet werden, eine verschiedene Wandstärke, indem dieselbe dem Druck, welchem sie zu widerstehen hat, gleich sein muß. Röhren von 1'/, Zoll Stärke können einen Druck von 92 Atmosphären oder den einer Wassersäule von mehr als 3000 Fuß tragen. Ein sehr wichtiger Punkt ist die gehörige Unterstützung einer so schweren Röhrensäule, so wie die wasserdichte Verbindung der einzelnen, gewöhnlich 5 bis 6 Fuß langen Röhren. Eben so ist eine unerschütterlich feste Stellung des Kraftcylinders eine eben so wichtige, als auch unter gewissen Umständen sehr schwierige Sache, wenn er nämlich tief unter der Erdoberfläche in einen Schacht gestellt werden muß.

Wir gehen nunmehr zur Beschreibung der eigentlich wirkenden Theile der Maschine über, indem wir auf die Abbildung derselben (Fig. 1 und 2, Taf. XIII) verweisen. Der Kraftcylinder Y, in welchem sich der Triebkolben P bewegt, hat an seinem untern Ende eine Röhre T, durch welche die Kraftwasser abwechselnd ein- und abgeführt werden. In dem erstern Falle wird der Kolben mit seiner Belastung von unten nach oben getrieben, und in dem zweiten sinkt er wiederum; es erfolgt daher die Wirkung beim

Digitized by Google

Aufgange des Kolbens. Um nun diese abwechselnde Bewegung des Steigens und Fallens fortdauern zu lassen, muß man das Nachlassen dieser beiden Functionen reguliren, welches durch die sogenannte Steuerung geschieht.

Bei den meisten ältern und auch noch bei den in neuerer Zeit in Ungarn, nach dem Hell'schen* Prinzip construirten Maschinen erreicht man dieß durch einen Hahn mit drei Oeffnungen, der in der Verbindungsröhre zwischen dem Kraftcylinder und der Einfallröhre angebracht ist; allein besonders bei großen Maschinen hat dieser Hahn bedeutende Nachtheile und bei den, nach dem Reichenbach'schen Prinzip erbauten Maschinen ist daher diese Hahnsteuerung durch die Kolbensteuerung ersetzt.

Mit dem Röhrenstück T ist ein ähnliches Stück T' verbunden, das an den Steuerungscylinder H H', zwischen dem Kraftcylinder und den Einfallröhren, angegossen ist. Von diesem Steuerungscylinder gehen in gleichen Entfernungen über und unter der Röhre T' die beiden horizontalen Röhren O und S ab. Die erstere ist das untere Ende der Einfallröhre und die eigentliche Admissionsröhre; die zweite ist die sogenannte Hinterwasserröhre, welche die benutzten Wasser abführt. In dem Steuerungscylinder bewegt sich der Steuerungskolben R, der abwechselnd eine Stellung in den beiden einander in Höhe und Weite gleichen, und hinsichtlich ihrer Stellung zu der Röhre T' symmetrischen, cylindrischen Räumen b c und b' c', einnimmt.

Wenn der Steuerungskolben R unter der Röhre T', also in dem Raume b' c' steht, so ist die Verbindung zwischen dem Kraftcylinder Y und der Hinterwasserröhre S verschlossen, wogegen der mit der Einfallröhre in Verbindung gesetzte Triebkolben P in die Höhe geht. Steht dagegen der Steuerungskolben über der Röhre T' in dem Raum b c, so ist der Zutritt der Kraftwasser unterbrochen, und der Ausfluß derselben durch die Hinterwasserröhre gestattet; der Kraftcylinder entleert sich demnach, und der Triebkolben sinkt nieder.

Der Kolben kann daher als die Steuerung der Maschine angesehen werden, sobald er selbst eine leichte und regelmäßige Bewegung erlangt hat, um nach einander und zu passender Zeit die Räume b c und b' c' einzunehmen.

Es scheint, als wenn dieser Kolben, der durch die Säule der Kraftwasser stets von oben nach unten gedrückt wird, einer bedeutenden Kraft bedürfe, entweder um von unten nach oben bewegt zu werden, oder um bei seinem Niedergange eine mäßige Geschwindigkeit zu behalten; allein diese doppelte Schwierigkeit ist vor der einfachen und sinnreichen Vorrichtung verschwunden, die wir jetzt beschreiben wollen.

Ein zweiter Kolben I, welcher an der Stange des erstern R befestigt ist, bewegt sich in einem Cylinder, der über der Hinterwasserröhre eine Erhöhung des Steuerungscylinders bildet. Da die innere Oberfläche des Kolbens I in steter Berührung mit der Säule des Kraftwassers steht, so entwickelt sich dadurch eine permanente Kraft, die von unten nach oben, d. h. in entgegengesetzter Richtung von

* Hell, Oberkunstmeister zu Schemnitz, erfand die Wassersäulenmaschine und wendete sie schon 1749 an. Schon früher hatte sie der Major Winterschmidt hier in Braunschweig auch erfunden und auf dem Oberharz, jedoch ohne guten Erfolg, ausgeführt; allein Hell scheint keine Kenntniß von der Winterschmidt'schen Erfindung gehabt zu haben.

der wirkt, welche auf den Steuerungskolben drückt. Läßt man daher einstweilen die Reibung und das Gewicht dieses Systems von Kolben unberücksichtigt, so würde ein Gleichgewicht unter ihnen statt finden, wenn ihre Durchmesser gleich wären; die geringste Kraftäußerung würde alsdann hinreichend sein, um die Bewegung des Steuerungskolbens nach Belieben zu bestimmen und zu mäßigen.

Das Verhältniß der Dinge ist aber nicht gänzlich so; der Durchmesser des Cylinders H' ist etwas größer, als bei b c und b' c', so daß der auf beide Kolben ausgeübte Druck nicht gleich, sondern stärker auf der Fläche des größern ist, und daß eine aufsteigende Bewegung folgen muß. Ist daher das System sich selbst überlassen, so erfolgt die Steuerung auf diese Weise, und der nach dem Raum b c gehende Kolben R bleibt so lange in dieser Stellung, bis eine neue Kraft auf ihn einwirkt.

Um diese umgekehrte Bewegung zu erlangen, ist es hinreichend, die den Kolben aufwärts treibende Kraft aufzuheben, und sie durch eine andere von entgegengesetzter Richtung zu ersetzen. Man erreicht diesen Zweck sehr einfach dadurch, wenn man (im günstigen Augenblick) auf die obere Fläche des obern Kolbens I eine stärkere Kraft einwirken läßt, als die oben erwähnte ist.

Diese Kraft wird momentan von der Kraftwassersäule entlehnt, indem man bei a_3 eine geringe Quantität davon mittelst einer kleinen Röhre ableitet, die bei o mit dem obern Theil des Cylinders H' in Verbindung steht. Derselbe ist durch eine mit Leder geliederte Stopfbüchse geschlossen, in welcher sich ein Cylinder oder ein Muff K, welcher auf dem Kolben I befestigt ist, mit geringer Reibung auf und nieder bewegt. Dieser Cylinder hat den Zweck, die obere Oberfläche des genannten Kolbens zu vermindern, um dem hydrostatischen Druck, welchen man in dem ringförmigen Raum w ausüben will, nur auf diesen wirken zu lassen, dessen Oberfläche durch die Bedingungen des Niederganges von dem Kolben bestimmt worden ist.

Diese niedergehende Bewegung wird bewirkt, sobald das Wasser mittelst der Röhre a, a_1, a_2, a_3 in den ringförmigen Raum getreten ist. Sie hört nicht eher auf, bis daß der Kolben R den Raum b' c' einnimmt, welches den zweiten Theil der Steuerung bildet.

Um darauf den Kolben R wiederum in die Stellung b c emporsteigen zu lassen, muß man nicht allein die Verbindung zwischen der Kraftwassersäule und dem ringförmigen Raum w unterbrechen, sondern auch dem in demselben vorhandenen Wasser einen Abfluß verschaffen, welches mittelst der kleinen Röhren e, e_1, e_2, e_3, welche zu der Hinterwasserröhre führen, bewirkt wird. Die Kolben R und J werden alsdann, wie bemerkt, sogleich in die Höhe gehen, und der Kraftcylinder wird geleert werden.

Kleiner hydraulischer Apparat, um das Spiel der Steuerung zu reguliren. Um die beiden Wirkungen des Steuerungskolbens zu erlangen, muß man daher abwechselnd und zu gehöriger Zeit einen Wasserstrahl in den ringförmigen Raum w gelangen lassen, oder ihn leeren. Ein, in der kleinen Röhre o angebrachter Hahn mit drei Oeffnungen würde diesen Bedingungen entsprochen haben; allein man hat es doch vorgezogen, auch hier eine kleine Kolbensteuerung anzuwenden, welche nach denselben Grundsätzen wie die größere RIK construirt ist.

Digitized by Google

Zu dem Ende umschließt ein senkrechter Cylinder ei, der mit zwei Seitenröhren, a, o, versehen ist, zwei, mittelst einer Stange verbundene Kolben p, p', welche eine solche Stellung haben, daß sie von dem Wasser, welches stets an dem Punkte a vorhanden ist, in entgegengesetzter Richtung getrieben werden, und daß der Kolben p abwechselnd über und unter dem Röhrchen o stehen muß. Im erstern Fall kann sich der ringförmige Raum w entleeren, im zweiten ist dagegen eine Verbindung zwischen demselben und der Kraftwassersäule hergestellt.

Der Kolben p' ist mit einer starken Stange, i, versehen, die gleichsam eine Erhöhung desselben ist, und welche denselben Zweck wie der Cylinder k bei dem großen Steuerungskolben erfüllt und wie dieser durch eine mit Leder geliederte Stopfbüchse an dem obern Ende des Cylinders ei geht. Eine kleine Röhre u hat den Zweck, den Druck der bewegenden Säule auf den freien Theil der obern Fläche des Kolben p' zu übertragen. Diese kaum einmal 60 Pfund betragende Kraft hat den Zweck, einem gleichen Druck das Gegengewicht zu halten, der von unten nach oben auf den untern Kolben p, in der Auslassungsröhre, ausgeübt wird und der eine Folge der Stellung des Krafteylinders dieser Maschine, 44 1/2 Fuß rhein. unter dem Stollen, welcher auch die Hinterwasser abführt, ist.

Das Bewegungsprinzip der Maschine hängt demnach eben so einfach als vollständig von der gehörig geordneten Bewegung der kleinen Kolben p, p' ab, welche von der Hand eines Kindes verschoben werden können. Läßt man sie in die Höhe gehen, so steigt der Hauptsteuerungskolben sogleich auch, der Krafteylinder wird entleert und der Kolben P sinkt. Läßt man sie dagegen niedergehen und die in der Figur angedeutete Stellung einnehmen, so sinkt der Steuerungskolben ebenfalls und der Triebkolben steigt, indem alsdann die Kraftwasser unter denselben treten können.

Das Spiel der Maschine ist daher vollkommen gesichert, wenn man annimmt, daß es ein leichtes und sicheres Mittel giebt, den kleinen Apparat zu gehöriger Zeit wirken zu lassen.

Man wird einsehen, daß es der Triebkolben P ist, welcher das Signal zur Bewegung geben und der die geringe, zu ihrer Hervorbringung nöthige Kraft liefern muß. Ein sehr einfacher Mechanismus erfüllt diesen doppelten Zweck.

Die kleinen Kolben p und p' sind nämlich bei t an eine gegliederte Stange aufgehängt, die, indem sie durch das Stück v'' v'' geht, in einem ersten Hebel v' t endigt, der seinen Stützpunkt in v' hat. Ein zweiter Hebel ss', der sich um den Punkt s' dreht, ist mit dem ersten v' t, mittelst einer kleinen Stange t' verbunden und hat an seinem andern Ende einen Kreisbogen s, dessen Bewegung durch eine gabelförmige, senkrecht stehende Stange vv' geleitet wird. Zwei Haken oder an dem Kreisbogen vorstehende Stücke 1 und 2 sind an den entgegengesetzten Seiten desselben befestigt. Diese Combination von Hebeln hat den Zweck, den Kolben p zu heben.

Zu dem Triebkolben ist bei f eine senkrechte eiserne Stange dd' eingeschroben, welche oben durch zwei Ringe g2 g3 geleitet wird, welche in einem, über dem Krafteylinder angebrachten Bügel vorhanden sind. Die runde Stange dd' ist auf der Seite des Steuerungscylinders mit einer vierkantigen sehr glatt und eben gearbeiteten Leiste versehen, die eben so stark wie der Kreisbogen s ist, mit welchem er auf dem ganzen Lauf des Kolbens R in Berührung bleibt. Zwei Hebedaumen 3 und 4 sind an den beiden entgegengesetzten Seiten der Leiste mittelst Schrauben befestigt, weshalb dieselbe mit einer Reihe von Löchern versehen ist, um die gegenseitige Stellung der Hebedaumen verändern zu können. Dieselben correspondiren übrigens den Haken oder hervorstehenden Theilen 1 und 2 des Kreisbogens.

Das Spiel des Mechanismus ist folgendes: Wenn der Triebkolben P, indem er dem Druck des Kraftwassers nachgiebt, sich in dem Krafteylinder mit der Stange dd' erhebt, so nimmt der Hebedaumen 3, indem er den entsprechenden Haken des Kreisbogens trifft, diesen mit sich, und folglich steigen die kleinen Kolben p, p' in die Höhe. Bald aber läßt der Hebedaumen den Haken fahren und der Kolben P vollendet seinen Lauf, während die aufwärtsgehende Steuerung bewirkt wird, um die Admissionsröhre O zu verschließen und den Abfluß der Kraftwasser aus dem Cylinder zu bewirken.

Einen Augenblick darauf geht der Kolben P wieder herunter, der Hebedaumen 4 ergreift den Haken 2, der sich der Stange dd' in dem Maaß genähert, als sich der andere 1 davon entfernt hat. Der Kreisbogen geht wieder nieder und mit ihm die kleinen Kolben, welche wiederum die in der Fig. 1 angedeutete Stellung einnehmen. In diesem Augenblick fließen die Kraftwasser wieder ab und der Kolben P fährt zu sinken fort, bis er den niedrigsten Standpunkt seines Laufs erlangt hat, während derjenige Theil der Steuerung bewirkt wird, der den Zweck hat, den Krafteylinder von Neuem mit der Wassersäule in Verbindung zu setzen, so daß er wieder emporsteigen kann.

Das hier beschriebene Steuerungssystem, welches der Maschine die Continuität der Bewegung sichert, beruhet auf der eben so neuen, als glücklichen Idee, der Kraftwassersäule selbst den kleinen Kraftaufwand zu entnehmen, mit der jede Steuerung versehen sein muß, um auch ohne unmittelbare Einwirkung des Hauptkolbens wirken zu können. Dieser Vorrath von Kraft, ohne welchen der Kolben in dem Augenblick, in welchem er die Grenzen seines Laufs erreicht hat und den umgekehrten beginnen muß, ohne Zweifel in Stillstand gerathen würde, ist bei andern Wassersäulen- und gewöhnlich auch bei den Dampfmaschinen in mehr oder minder schwere Massen gelegt worden, welche die Maschine erhebt, um sie fallen zu lassen, oder er liegt in Federn, Schwungrädern ꝛc. Das hier beschriebene Mittel, welches mit einer großen Einfachheit den großen Vortheil vereint, mit dem Grundprinzip der Bewegung der Maschine selbst verbunden zu sein, hat auch noch den, ein leichtes Mittel an die Hand zu geben, die Bewegung des Steuerungskolbens nach Belieben mäßigen und beschleunigen zu können.

Diese Veränderungen der Geschwindigkeit der Steuerung, welche sehr wichtig sind, um auch den Triebkolben nach Belieben eine veränderte Geschwindigkeit mitzutheilen, erlangt man mit Hülfe zweier Hähne a, und e. Der erstere dient dazu, den in den ringförmigen Raum w dringenden Wasserstrahl mehr oder weniger zu beschränken; der andere bringt dieselbe Wirkung bei dem Wasserstrahl im Augenblick seines Ausflusses aus dem Raum w hervor. Die

Digitized by Google

Hähne können von dem Maschinenwärter mittelst eines Schlüssels gedrehet werden; sie geben auch ein leichtes Mittel an die Hand, die Maschine zum Stillstand zu bringen. Wenn nämlich der Kolben R die Mitte seines aufwärtsgehenden Laufes erreicht hat und vor den Röhren TT′ steht, so ist es hinreichend, den Hahn e zu verschließen, um sogleich jede Bewegung der Maschine zu unterbrechen. Eben so leicht setzt man sie auch durch Oeffnen des Hahns e wieder in Gang. Ein gleiches Resultat erlangt man bei dem entgegengesetzten Gang des Kolbens R; allein alsdann muß man den Hahn a_2 schließen.

Um die Stöße zu vermeiden, die nothwendig veranlaßt werden würden, wenn man eine so hohe Wassersäule in ihrer Bewegung plötzlich aufhält, hat der Steuerungskolben eine solche Einrichtung, daß er die Oeffnungen, durch welche die Kraftwasser zuströmen oder abfließen, nicht plötzlich, sondern nach und nach verschließt. Der Kolben R ist ein genau abgedrehter und abgeschmergelter Cylinder, der dazu dient, die ebenfalls vollkommen cylindrischen Räume bc, b′c′, ganz genau auszufüllen. In der Mitte und bis auf eine Höhe, die etwas bedeutender als die Weite bb′ der Röhre T′ ist, hat der Cylinder eine gänzlich ebene Oberfläche, oben und unten aber zeigt er acht Einschnitte, x′ x″ . . . x, x_1, die aus der Abbildung deutlich werden. Geht nun z. B. der Kolben R aufwärts, so sieht man, daß derselbe, der den Raum b′c′ einnahm, nachdem er über die Röhre T′ hinaus ist, mit seiner obern Fläche den untersten Rand des Cylinders bc erreicht hat. In diesem Augenblick würde die Bewegung der Kraftwassersäule aufgehalten sein, wenn der Kolben voll wäre; allein da die Einschnitte noch ein Eindringen des Wassers gestatten, so fährt dieß fort, in stets abnehmender Menge in die Röhre zu dringen, bis daß die untern Theile der obern Einschnitte x′ selbst in den Cylinder bc gelangt sind. Alsdann erst erreicht der Triebkolben die obere Grenze seines Laufes und die Wassersäule gelangt zum Stillstande. Weil aber fast in demselben Augenblick die obersten Punkte x der untern Einschnitte den Rand b′ der Röhre erreichen, so beginnt auch der Abfluß der Kraftwasser nach der Hinterwasserröhre und auch der Niedergang des Kolbens P, dessen Bewegung in dem Maaß beschleunigt wird, als die Einschnitte x, x_2 frei werden und besonders dann, wenn die untere Basis des Kolbens R sich über den Punkt b′ erhebt und den Punkt b, die Grenze seines Laufs, erreicht.

Gleich darauf beginnt die niedergehende Steuerung. Der Abfluß des Wassers aus dem großen Cylinder verzögert sich, sobald der zurückgehende Kolben R den Punkt b erreicht, und er hört bald gänzlich auf, wenn der Theil x, x_2 dieses Kolbens gänzlich von dem Raum b′c′ umschlossen ist. Es erscheinen dann aber auch in der Röhre die untern Enden x′ der obern Einschnitte, und mit ihnen die ersten Strahlen des Kraftwassers, die nun unter den Kolben P zu treten beginnen. Dieser Augenblick ist in der Fig. 1 dargestellt, indem der mit der Kraftwassersäule in Berührung gebrachte Kolben seine aufsteigende Bewegung angefangen hat. Die zuvörderst sehr geringe Geschwindigkeit nimmt nach und nach in dem Maaße zu, daß die Einschnitte größer werden, und erreicht ihr Maximum, wenn die Oeffnung der Röhre T′ frei geworden ist. Der Kolben R gelangt nun bald wieder in den Raum b′c′, von welchem er ausgegangen ist.

Der auf diese Weise eingerichtete Steuerungskolben trägt, sowohl beim Auf- als Niedergange, sehr wesentlich zur Erhaltung der Maschine bei: 1) er hebt gegen das Ende des jedesmaligen Triebkolbenlaufs nach und nach dessen Geschwindigkeit auf; 2) derselbe beginnt seinen Rückgang ganz unmerklich und ohne eine eigentliche, beginnende Geschwindigkeit. Die Kraft wirkt daher nie plötzlich auf den Kolben oder auf die Belastung der Maschine, nie zeigen sich Stöße, wenn die zu bewegenden, sowohl festen, als flüssigen Massen, aus dem Zustande der Ruhe herausgehen, oder wenn sie, besonders die Kraftwassersäule, in Ruhe versetzt werden.

Die Kolbensteuerung, welche der verewigte v. Reichenbach zuerst statt der ältern Hahnsteuerung, welche man in den weiter unten angeführten Schriften v. Gerstner und Schitko beschrieben findet, angewendet hat, gewährt auch noch einen andern Vortheil, den wir nicht übergehen dürfen. Sie gestattet die Anwendung einer gewissermaßen unbestimmten Admissionsöffnung, die wenigstens den Durchschnitt der Kraftwassersäule beträgt und folglich eine beliebige Verminderung des Widerstandes derselben zuläßt. Wenn aber der Durchmesser des Steuerungskolbens willkührlich ist, so läßt sich doch nicht dasselbe von seiner Länge, so wie von der Anzahl und der Größe der Einschnitte desselben sagen. Die darüber aus der Erfahrung abgeleiteten Regeln, denn rationelle Bestimmungen lassen sich darüber nicht machen, gebieten, daß die Länge des Kolbens wenigstens den dreifachen Durchmesser der Röhre T′ betragen, und daß sie im Allgemeinen, so wie die Anzahl und Tiefe der Einschnitte, mit der Höhe der Kraftwassersäule, mit dem Volum der Kraftwasser und mit der der Maschine zu gebenden Geschwindigkeit zunehmen müsse. Die Bestimmung des Durchmessers von dem zweiten Kolben I, und von dessen Erhöhung, K, sind dagegen weit bestimmtern Regeln unterworfen. Nachdem man die mittlere Geschwindigkeit der Steuerung und die Dimensionen von den Hauptstücken derselben regulirt hat, werden die Kräfte, welche auf das System der Kolben, sowohl beim Auf- als Niedergange einwirken, so wie der hydraulische und der übrige Widerstand, den die Steuerung erleidet, aufgesucht und algebraisch ausgedrückt, und diese Näherungen sind für die Praxis vollkommen hinreichend. Im Allgemeinen ist es weit zweckmäßiger, diesen Widerstand der Steuerung etwas höher, als ihn zu gering anzunehmen, weil man sich mittelst kleiner Hähne gänzlich zum Herrn des Uebergewichts an Kraft in der einen oder der andern Richtung machen kann. Es hat dieß weiter keinen andern Nachtheil, als die unnütze Verwendung einer geringen Menge von den Kraftwassern, die aber so gering ist, daß sie gar nicht in Anschlag zu bringen ist.

Wir müssen zuvörderst noch bemerken, daß bei den in Baiern, auf den großen Soolenleitungen von Berchtesgaden nach Reichenhall und von dort nach Rosenheim vorhandenen, so wie bei mehren andern nach diesen construirten Wassersäulenmaschinen, von denen wir weiter oben eine beschrieben haben, statt der muffartigen Erhöhung des zweiten Kolbens K, ein dritter Kolben angewendet wird, der mit den beiden übrigen an einer Stange und unterhalb des Kolbens R befindlich ist. Obwohl eine solche Einrich-

Digitized by Google

tung unter gewissen Umständen recht zweckmäßig sein kann, so versperrt sie doch den Platz unter der Röhre T' und den Steuerungscylinder, der für die Steigeröhren der Pumpen sehr nöthig ist und der auch deshalb möglichst frei bleiben muß, um überall zu den Steuerungstheilen gelangen zu können. Man hat daher zu Huelgoat der beschriebenen Vorrichtung den Vorzug gegeben.

Wir wenden uns nun wieder zu einer Vorrichtung, die ebenfalls den Zweck hat, den Gang der Maschine zu verändern. Wir haben schon weiter oben bemerkt, daß man dieß entweder dadurch bewirken könne, daß man die Entfernung der beiden Hebedaumen 3 und 4 an der Stange dd' verändert, oder indem man — und dieß ist vorzuziehen — die Geschwindigkeit der Steuerung modificirt. Um aber vollkommen Herr des Spiels der Maschine zu sein, bedurfte man ein Mittel, die Geschwindigkeit des Laufs von demselben Kolben zu verändern und folglich die Anzahl der Hübe der Maschine zu reguliren. Man erreicht diesen Zweck mittelst der sogenannten Moderatoren oder kreisförmigen Klappenventile V, V', welche in der Admissionsröhre O und in der Hinterwasserröhre S angebracht worden sind. Diese Ventile sind an senkrechten Axen befestigt, die sich unten und oben in der Wand der Röhre bewegen und die oben durch dieselbe gehen, indem sie mittelst kleiner Stopfbüchsen W, W', wasserdicht erhalten werden. An dem obern Ende der Axe ist ein gezahnter Kreisbogen y 1, y', (Fig. 1 und 2) angebracht, in dessen Zähne eine Schraube ohne Ende greift, die mittelst eines kurbelförmigen Schlüssels bewegt werden kann, wie man aus Fig. 2 ersehen kann. Will man die Geschwindigkeit des Aufganges von dem Kolben P verändern, so dreht man das Ventil V; soll dagegen die Geschwindigkeit des Niederganges modificirt werden, so dreht man das Ventil V' in der Hinterwasserröhre. Es ist fast überflüssig, zu bemerken, daß man zur Hemmung der Geschwindigkeit die Ventile verschließt und daß man sie zur Beschleunigung öffnet.

Wir wenden uns nun noch zu einigen besondern Theilen der Maschine, um deren Beschreibung zu vollenden. So haben die Stücken U und I den Zweck, den Lauf des Steuerungskolbens RIK, oben und unten zu begrenzen. Wenn der Cylinder K den höchsten Punkt seines Laufs erreicht hat, so würde er freilich ohnehin schon durch die Stopfbüchse H'' aufgehalten werden; allein da die Schrauben, mittelst deren die Stopfbüchse mit dem Steuerungscylinder verbunden ist, durch wiederholte Stöße leicht lose werden konnten, so hat man es für zweckmäßiger gefunden, den Cylinder durch eine besondere Vorrichtung aufzuhalten. An der Stopfbüchse H'' sind zwei senkrechte Stangen befestigt und oben durch eine Querstange U verbunden. Diese letztere ist mit einer blechernen, aus zwei Theilen bestehenden Büchse U, U', versehen, die sich in einander schieben können und in deren unterer ein elastisches Polster vorhanden ist.

Auf der andern Seite ist die Platte $e_1 e_2$, welche unten den Steuerungskolben HH' verschließt, in der Mitte mit einem Becher I versehen, der stets mit Wasser angefüllt ist, und in den ein unter dem Steuerungskolben R sitzender Stab tritt, wenn jener herabgeht. Das alsdann mit Schwierigkeit aus dem Becher entweichende Wasser

wird ein hinlänglich großer Widerstand, die Bewegung der Steuerung ohne Stoß zu hemmen.

Ein ähnliches Mittel ist bei dem Krafteylinder angewendet, im Fall der Kolben P die gewöhnliche Grenze seines Laufes, den obern Rand der Röhre T überschritte. Ein kleiner Cylinder Z, der mittelst Schrauben in der Mitte des Cylinderbodens befestigt ist, nimmt alsdann einen bleiernen Ansatz Z' auf, der unten an dem Kolben angebracht worden, und die Bewegung hört alsdann ohne merklichen Stoß auf. — Uebrigens sind diese zuletzt beschriebenen Vorrichtungen weit eher Vorsichtsmaßregeln, als nothwendige Erfordernisse der Maschine, und sie sind daher an den meisten nicht vorhanden.

Wenn die Maschine, z. B. nach einer Reparatur, wobei sie gänzlich entleert werden mußte, wieder in Bewegung gesetzt werden soll, so würde die alsdann in allen ihren Theilen enthaltene Luft ein großes Hinderniß sein, wenn man nicht ein leichtes Mittel hätte, sie fortzuschaffen. Für den Triebkolben sind zu dem Ende zwei hohle Schrauben mit Seitenöffnungen, die eine an dem Punkt P, die andere, kleinere, an der Röhre o des Cylinders angebracht, welcher die kleinen Kolben p, p' enthält. Auf den Abbildungen ist diese letztere nicht vorhanden. Um der Luft Zeit zu lassen, aus allen Maschinentheilen gehörig zu entweichen, muß man die Kraftwasser nur langsam herbeiströmen lassen, und wenn dieselben sich zeigen, so verschließt man die genannten Oeffnungen. Aber auch die Hinterwasserröhre S muß mit Wasser gefüllt werden, welches, da zwischen ihr und der Kraftwassersäule der Steuerungskolben R befindlich ist, mittelst der, mit einem Hahn versehenen Röhre e_1, e_2, e_3, geschieht. Auch zum Entleeren der Hinterwasserröhre ist diese Röhre anwendbar.

Wir reden nun von den Liederungen der Kolben und Stopfbüchsen. Der Triebkolben ist mit zwei verschiedenen Liederungen versehen; die erste besteht aus vier ledernen Ringen, die mittelst Nägeln mit einander verbunden sind und in einer schwalbenschwanzartigen Vertiefung an der Peripherie des Kolbens liegen. Die zweite Liederung besteht aus einem einzigen ledernen Ringe, der mittelst eines kupfernen Ringes und mittelst 24 Schrauben gegen die untere Fläche des Kolbens fest angedrückt und um diese Scheibe aufgekrempt ist, so daß er den Wänden des Treibcylinders eine größere Fläche zur Reibung darbietet.

Die Stopfbüchse an dem Cylinderboden, durch welche die Kolbenstange X geht, hat auch eine doppelte Liederung. Unten hat man mehre, sehr genau concentrische, lederne Ringe über einander gelegt und darauf kommt ein doppelt umgebogener, rinnenförmiger, lederner Ring, über dem ein kupferner Ring liegt, der auf der einen Seite eine ringförmige Leiste oder Erhöhung hat, und unter welchem ein anderer kupferner Ring mit einer rinnenförmigen Vertiefung liegt, in welche das Leder paßt, und in welches der Ringdeckel tritt. Ueber denselben liegen wieder gewöhnliche lederne Ringe. Das Ganze wird durch einen gußeisernen Deckel mit Schraubenbolzen fest gehalten. Aehnliche sind die Liederungen bei den übrigen Stopfbüchsen und bei dem Kolben I. — Die kleinen Kolben p' und p bestehen aus Zinn, welches eine sehr geringe Reibung auf den Wänden des bronzenen Cylinders ausübt,

Digitized by Google

und der erstere ist auch noch mit einer Lederscheibe versehen.

Die Kraftwassersäule ist zu Huelgoat 74 Meter (236 rheinl. Fuß) hoch, wovon aber, wie schon bemerkt, 14 Meter (44½ Fuß) für das Steigen der Hinterwasserröhre, um dem sehr schweren, mit der Kolbenstange X verbundenen Schachtgestänge (siehe die zweite Abtheilung dieses Bandes) als Gegengewicht zu dienen, abgehen. Ein anderer Theil dieser Last des Gestänges wird durch das Saugen der Pumpen, welche die Maschine bewegt, balancirt. — Bei andern Wassersäulenmaschinen ist die Kraftwassersäule oft weit bedeutender und beträgt zuweilen über 1000 und mehre Fuß.

Aus der obigen Beschreibung werden unsere Leser ersehen, daß die Wassersäulenmaschinen außerordentlich sinnreich und ihre Leistungen sehr bedeutend sind. Zu Huelgoat sind zwei solcher Maschinen, wie die beschriebene, vorhanden, die neben einander liegen, aber nicht verbunden sind. Die Kolben machen jeder 5 ½ Hübe in der Minute; der Verbrauch an Kraftwassern beträgt in derselben Zeit ungefähr 10 ½ Kubikmeter (235 Kubikfuß), wodurch ungefähr 3 ½ Kubikmeter (124 Kubikfuß) aus einer Tiefe von 230 Metern (733 rhein. Fuß), ebenfalls in einer Minute gehoben werden. Die Höhe der Kraftwassersäule beträgt, wie wir sahen, 60 Meter (191 ½ Fuß).

Zu Clausthal hebt eine Maschine mit einer wirkenden Kraftsäule von 688 Fuß, die in der Minute vier Hübe macht und in derselben Zeit 32 Kubikfuß Wasser verbraucht, eine gleiche Quantität 361 Fuß hoch (s. das unten angeführte Werk von Zimmermann).

Literatur der Wassersäulenmaschinen: von Gerstner's Handb. der Mechanik, Bd. 3 (Prag 1834) S. 355 ꝛc. und Taf. 89 bis 93. — Schitko (Bergrath und Prof. an der Bergakademie zu Schemnitz in Ungarn), die Wassersäulenmaschine. Wien, 1834. — In diesen beiden Werken sind die Maschinen mit dem ältern Hell'schen Steuerungsprinzip, mittelst Hähnen, beschrieben; dagegen in den folgenden die nach dem Reichenbach'schen Prinzip construirten; Annales des Mines, 1835, Livr. 4, p. 95 etc. Livr. 5, p. 247. Livr. 6, p. 369. Daraus im 4. Bde. von Villefosse's Mineralreichthum, bearb. von C. Hartmann (Weimar, 1837) und polyt. Centralblatt 1836, Nro. 16 und 17. Portefeuille industriel par *Pouillet* et *Leblanc*. 1 Tome (Paris 1836) p. 94 etc., pl. 13 et 14.

Zimmermann, das Harzgebirge, in besonderer Beziehung zur Gewerbskunde, Darmstadt 1834, Bd. I, S. 378 ꝛc.

Jordan's Beschreibung der Wassersäulenmaschinen im Silberseegener Richtschacht bei Clausthal. Berlin 1837.

Achtes Capitel.

Von den Dampfmaschinen.

Dampf- oder Feuermaschine, Machine à feu, M. à vapeur, franz., Steam engine, engl., nennt man diejenigen Maschinen, welche durch Dampf in Bewegung gesetzt werden. Unter den verschiedenen bewegenden Kräften, welche zum Betriebe von Maschinen angewendet werden, zeichnet sich der Wasserdampf besonders aus und hat in neuerer Zeit bei vielen Anlagen vor andern Kräften den entschiedensten Vorzug erhalten. Die Maschine, durch welche dieser Dampf seine Wirkung ausübt, setzt jetzt eine Menge Vorrichtungen in Bewegung, zu welcher sonst die Kräfte der Menschen und der Thiere, des Wassers, des Windes hätten angewendet werden müssen, und wurde zuerst hauptsächlich da im Großen ausgeführt, wo die genannten übrigen Kräfte nicht ausreichend waren. Vor der Menschen- und Thierkraft hat die Dampfmaschine den Vorzug einer gleichmäßigern und einer größern Wirkung in einem geringern Raum. Der Preis der Menschen- und Thierkraft ist dabei von einer Menge von Umständen abhängig, die ihn in kurzen Zeiträumen vermehren oder vermindern, und sie ist daher bei ihrer unvermeidlichen Ungleichförmigkeit, besonders wenn große Wirkungen hervorgebracht werden sollen, noch überdieß ungewiß. Das Wasser wirkt freilich gleichförmig, allein seine Benutzung ist an Localitäten gebunden, die sich häufig für die Anlage von Maschinen nicht eignen; auch hängt die Größe seiner Wirkung von den Localitäten ab. — Wind kann zu solchen Arbeiten, die eine ununterbrochene Dauer nöthig machen, gar nicht benutzt werden.

In den Fällen, wo man eine von diesen Kräften für die Bewegung irgend einer Maschine wählen kann, wird es darauf ankommen, welche die am wenigsten kostbare ist. Diese Vergleichung hängt von den Erfahrungen ab, die bei der Anwendung dieser Kräfte gemacht worden sind. Auch da, wo keine Wahl gestattet, ist es wichtig, die Kraft mit dem geringsten Kostenaufwande wirken zu lassen und ihn daher vorher beurtheilen zu können. Diese Beurtheilung kann sich aber nur auf die Kenntniß der innern Einrichtung der Maschinen und der damit gemachten Erfahrungen gründen.

Bei der außerordentlichen Menge und Verschiedenheit der Dampfmaschinen, den verschiedenen Prinzipien, worauf sie beruhen und dem oft sehr künstlichen Bau des Ganzen, so wie der zahlreichen einzelnen Theile, ist es bei dem uns hier eng zugemessenen Raum nur möglich, einige der wichtigsten, jetzt in Anwendung stehenden Dampfmaschinen zu beschreiben. Das Geschichtliche müssen wir hier ebenfalls unberücksichtigt lassen. Ehe wir aber zu der Beschreibung der Maschinen übergehen, müssen wir zuvörderst den Dampf

Digitized by Google

und seine Eigenschaften kennen lernen und dann eine allgemeine Eintheilung der Dampfmaschinen mittheilen.

Von dem Dampfe.

Man sagt von einem festen oder tropfbar flüssigen Körper, er verdampfe, wenn er durch Aufnahme von Wärme in den luftförmigen Zustand übergeht, und nennt ihn selbst Dampf, so lange er in diesem Zustande beharrt. Man unterscheidet wohl Dampf und Dunst und bezeichnet mit Dampf den vollkommen durchsichtigen Zustand, in welchem sich z. B. die Feuchtigkeit bei heiterem Himmel in der Luft befindet, mit Dunst den nebelartigen Zustand, bei welchem sie sich in Gestalt kleiner Bläschen niederzuschlagen anfängt. Manche Physiker kehren diese Bezeichnung gerade um, und die meisten gebrauchen beide Worte als gleichbedeutend für erstern Zustand, auf dessen Betrachtung wir uns auch hier nur beschränken.

1) Spannkraft oder Druck der Dämpfe. Der sich aus einer Flüssigkeit entbindende Dampf strebt, sich nach allen Richtungen hin auszudehnen oder aus einander zu weichen, und zwar mit um so größerer Gewalt, je dichter und je heißer er ist. Vermöge dieses Auseinanderbestrebens drängt er gegen alle Körper an, sowohl gegen die ihn umschließenden, als gegen die sich in ihm befindenden, und er vermag daher bei hinreichender Dichtigkeit und Hitze, selbst starke Gefäßwände zu sprengen, wie das Zerspringen der Dampfkessel, so wie jedes festverschlossenen Gefäßes, worin man eine Flüssigkeit stark erhitzt, beweist. Diese drängende oder drückende Kraft des Dampfes nennt man nun dessen Spannkraft, mit welchem Ausdruck Tension, Expansivkraft, Druck, Elasticität des Dampfes gleichbedeutend sind. Diese Kraft allein bedingt das ganze Spiel der Dampfmaschinen mit Hochdruck; denn indem der aus dem Dampfkessel entwickelte Dampf in den Cylinder der Dampfmaschine strömt, drückt er vermöge seiner Spannkraft auf den darin befindlichen Kolben und setzt diesen und die damit verbundenen Theile hierdurch in Bewegung.

Es ist demnach wichtig zu wissen, wie man diese Kraft messen kann, und wovon sie abhängt; gewöhnlich drückt man es durch Zolle Quecksilberhöhe oder durch Atmosphären aus, was auf Folgendem beruhet. Wenn man ein gewöhnliches Barometer in einen von Luft und Dampf ganz freien Raum brächte, so würde das, was man Barometerhöhe nennt, völlig verschwinden, d. h. das Quecksilber gleich hoch in beiden Schenkeln des Heberbarometers oder in dem Gefäße und der Röhre des Gefäßbarometers stehen, weil der einseitige Druck, den die Luft in freier Atmosphäre auf das Quecksilber äußert, und durch den es hinaufgedrückt wird, hier wegfiele. Läßt man aber Dampf in den leeren Raum zu, in welchem sich das Barometer befindet, so wird dieser durch seine Spannkraft gerade so auf die freie Oberfläche des Quecksilbers drücken, als sonst die Luft, und das Quecksilber um so höher in den zugeschmolzenen Schenkel hinauf drücken, je größer seine Gewalt ist. Mit andern Worten, der einseitig auf die freie Quecksilberfläche drückende Dampf wird, da im zugeschmolzenen Schenkel kein Dampf gegendrückt, wieder eine Barometerhöhe erzeugen, und diese wird im Verhältniß der Spannkraft des Dampfes stehen, von der sie erzeugt wird, so daß z. B. eine Barometerhöhe von 14 Zoll eine halb so große Spannkraft anzeigen wird, als eine solche von 28 Zoll. Hierdurch wird von selbst klar, wie das Maaß der Spannkraft durch Zolle Quecksilberhöhe zu verstehen ist. Gedeiht nun die Spannkraft des Dampfes so weit, daß sie einen Barometerstand von 28 pariser Zoll hervorbringt, so leistet sie dasselbe, was sonst die Atmosphäre leistet, wenn das Barometer ihrem Drucke ausgesetzt ist, da der Barometerstand in freier Luft im Durchschnitt, mindestens an der Meeresfläche (freilich mit Schwankungen des Mehr und Minder) zu 28 Zoll angenommen werden kann, und man sagt dann, seine Spannkraft sei gleich der einer Atmosphäre. Eine Spannkraft von einer Atmosphäre ist also gleichgeltend einer Spannkraft von 28 Pariser Zoll, von $^1/_2$ Atmosphäre gleich 14 Zoll, von 2, 3 Atmospären gleich 56, 74 Zoll u. s. f. — Es mag übrigens bemerkt werden, daß man in dieser Annahme der durchschnittlichen Größe eines Atmosphärendrucks nicht überall vollständig übereinstimmt. Die Annahme von 28 Zoll Quecksilberhöhe wird gewöhnlich in Deutschland gebraucht; die Franzosen nehmen durchgängig 76 Centimeter oder 28,0754 par. Zoll, die Engländer 30 engl. Zoll, oder 28,1457 par. Zoll bei Schätzung des Dampfdrucks dafür an, welche Größen jedoch, wie man sieht, nur wenig von einander abweichen. Auch sind genau genommen diese Höhen auf eine Temperatur des Quecksilbers von 0° Reaumur oder Celsius reducirt zu verstehen.

Auch folgende Methode kann dienen, die Spannkraft des Dampfes zu messen. Man bringt in einem festen Gefäße, z. B. in einem Dampfkessel oder Digestor, eine Oeffnung an, welche durch ein Ventil (eine Klappe) geschlossen ist, das durch Gewichte auf die Oeffnung niedergedrückt wird. Der in dem Gefäß eingeschlossene Dampf wird durch seine Spannkraft gegen das Ventil drücken, es zu öffnen streben und wirklich öffnen, wenn seine Spannkraft das herabdrückende Gewicht zu überwältigen vermag. So kann man nun die Gewichte, welche nun eben erforderlich sind, diese Oeffnung zu verhindern, als Maaß der Spannkraft des Dampfs gebrauchen.

Beide Arten der Messung des Dampfdrucks lassen sich aufeinander zurückführen. Die Kraft nämlich, mit welcher ein Dampf, dessen Druck z. B. durch 32 Zoll Quecksilberhöhe gemessen wird, auf 1 Quadratzoll oder 1 Quadratfuß der Oberfläche des ihn einschließenden Gefäßes drückt, ist so groß als der Druck, den dieser Quadratzoll oder Quadratfuß, wenn er horizontal läge, durch das Gewicht einer auf ihm lastenden, ihn ganz bedeckenden Quecksilbersäule erfahren würde, welche eine Höhe von 32 Zoll hätte. Da man nun aus dem specifischen Gewicht des Quecksilbers weiß, wie viel dieß Gewicht beträgt, so kann man auch solchergestalt für jede gegebene Größe der Oberfläche die darauf wirkende Spannkraft in Pfunden ausdrücken, und in der That wird man, um die Oeffnung eines Ventils von gegebener Flächengröße bei gegebener Spannkraft des Dampfes zu verhüten, genau eine solche (oder eine größere) Belastung desselben anwenden müssen, als dem letztgefundenen Maaße der Spannkraft in Pfunden entspricht. Ueber Abhängigkeit der Spannkraft der Dämpfe von der Temperatur vergleiche man die weiterhin folgenden Tabellen.

Digitized by Google

2) Sättigung der Dämpfe. Ein verschlossener Raum vermag bei gleichbleibender Temperatur stets nur eine gewisse Quantität Dämpfe aufzunehmen; ist er mit dieser angefüllt, so hört die fernere Verdampfung der in ihm befindlichen Flüssigkeit auf, so lange die Temperatur nicht erhöhet wird. Man sagt dann von ihm, er sei mit Dampf gesättigt, und nennt den Dampf selbst unter solchen Umständen gesättigten Dampf, oder Dampf vom Maximo der Dichtigkeit. Für praktische Anwendungen kommen fast nur Dämpfe im Sättigungszustande in Betracht, und in den Dampfkesseln ist auch immer Wasser genug vorhanden, um den Raum im Sättigungszustande zu erhalten. Wir reden daher hier auch nur hauptsächlich von gesättigten Dämpfen.

3) Dichtigkeit gesättigter Dämpfe. Das Verhältniß der Dichtigkeit jedes gesättigten Dampfes zur Dichtigkeit der atmosphärischen Luft, beide unter gleichem Druck und gleicher Temperatur genommen, ist eine constante Größe. Die Dichtigkeit des Wasserdampfes ist unter dieser Rücksicht 0,62010 von der atmosphärischen Luft (nach Atomgewichten berechnet), statt welcher Größe man häufig die fast damit übereinstimmende Größe $^5/_8$, welche Gay-Lussac durch Versuche fand, angewendet findet. Setzt man nun die Dichtigkeit der Luft von 0° R. und der Spannkraft e (z. B. 28 Zoll) gleich 1, so ergiebt sich die Dichtigkeit des gesättigten Dampfs von t° und der Spannkraft E

$$= 0{,}62010\left(\frac{213{,}33}{213{,}33+t}\right)\frac{E}{e} = \left(\frac{13{,}229}{213{,}33+t}\right)\frac{E}{e}.$$

Da nun das Dichtigkeitsverhältniß der Luft gegen Wasser von gegebener Temperatur bekannt ist, so läßt sich hieraus leicht berechnen, wie viel gesättigten Dampf von gegebener Temperatur und Spannkraft ein gegebenes Volum Wasser zu liefern vermag. — In der ersten der weiterhin folgenden Tabellen findet man hiernach berechnete Bestimmungen über die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen.

4) Abhängigkeit der Spannkraft von der Temperatur. Nicht nur die Dichtigkeit, sondern auch die Spannkraft gesättigter Dämpfe nimmt mit der Temperatur derselben zu, und zwar in stärkerm Verhältniß, als die Temperatur selbst. Ist die Temperatur eines gesättigten Dampfes bekannt, so mag man aus den darüber vorhandenen Tabellen seine Spannkraft genau zu bestimmen. Die Temperatur des Dampfes stimmt, so lange er nicht von Außen abgekühlt wird, immer mit der Temperatur der Flüssigkeit überein, aus der er sich entbindet; so daß z. B. das Thermometer gleich hoch steigt, mag man es in eine siedende Flüssigkeit oder in den sich daraus bildenden Dampf tauchen. Daher reicht es hin, die Temperatur einer Flüssigkeit zu kennen, um zu wissen, welche Spannkraft der sich daraus entbindende Dampf hat. Das Gesetz, nach welchem mit der Temperatur die Spannkraft gesättigter Dämpfe wächst, ist noch nicht genau bekannt und alle bis jetzt zur Darstellung dieses Gesetzes aufgestellte Formeln entsprechen der Erfahrung nur immer innerhalb gewisser Grenzen.

Die nachfolgende erste Tabelle (aus Prechtl's technologischer Encyklopädie, Bd. III, Artikel „Dampf", S. 505 ꝛc. entlehnt) enthält die Spannkräfte der Wasserdämpfe von

0° bis 100° Reaum., wie sie sich nach folgender Formel ergeben:

$$\log. E = \log. (213 + t) + 2{,}8435 - \frac{847{,}3}{140+t},$$

worin E die Elasticität des Dampfes in Wiener Zoll Queckſilberhöhe bezeichnet, welche der Reaumur'schen Temperatur t zugehört, und worin die Constanten durch Prof. Arzberger's Versuche bestimmt sind. In der sechsten Spalte ist die Anzahl der Kubikfuße Wasserdampf von der zugehörigen Temperatur beigefügt, welche aus 1 Pfund Wasser von mittlerer Temperatur gebildet werden, wobei das Gewicht eines Wiener Kubikfußes Wassers von dieser Temperatur zu 56,3 Wiener Pfund angenommen ist. Die siebente Spalte enthält die Dichtigkeit des Dampfes gegen Wasser von dieser Temperatur, also die Dichtigkeit des Wassers = 1 gesetzt. Diese Zahlen entstehen auch, wenn man die Anzahl der Kubikfuße der sechsten Spalte mit 56,3 multiplicirt und mit diesem Producte 1 dividirt. Die Werthe dieser Tabellen entsprechen sehr gut den von Ure und Andern direct durch Erfahrung gefundenen Werthen; wollte man aber dieselbe nach der nämlichen Formel bis über 100° Reaum. fortführen, so würde man zu niedrige Spannkräfte finden, daher wir für höhere Temperaturen noch eine zweite, insbesondere für die Praxis der Dampfmaschinen nützliche, Tabelle beifügen, welche die Werthe der Spannkräfte bis zu inclus. 10 Atmosphären so enthält, wie sie durch die neuern Versuche der französischen Physiker (bis zu einem Druck von 24 Atmosphären gehend) festgestellt worden sind. Sie lassen sich von (incl.) 5 Atmosphären sicher bis zu 50 Atmosphären nach folgender Formel berechnen:

$$t = \frac{\sqrt[5]{e} - 1}{0{,}7153},$$

wo e die Elasticität der Atmosphären bezeichnet und t die Temperatur 100° C., wobei das Intervall von 100° C. als Einheit genommen ist. Die dritte Tabelle enthält die nach derselben Formel bestimmten Werthe von 11 Atmosphären an blos nach französischen Maaßen, weil diese höhern Werthe in der Praxis wenig mehr vorkommen.*

---

* Hr. Director August zu Berlin stellt in der von ihm bearbeiteten 4. Aufl. von „Fischer's Lehrbuche der mechanischen Naturlehre", Thl. I, folgende Formel für die größeste Spannkraft der Dämpfe auf:

$$e = \left[a\,(t + \alpha\, t)\right]\frac{w\,(n-t)}{n\,(w+t)}$$

in welcher e den Werth der größesten Spannkraft bei einer Temperatur von t Graden (z. B. bei t Centesimalgraden des Luftthermometers), a denselben Werth bei einer Temperatur von 0 Grad ausgedrückt in Atmosphären (a = 0,006597 Atmosphären) bedeutet, α den Werth $\frac{1}{1028{,}4}$, — w die Temperatur, bei welcher die Verdunstung aufhört (also — w = 266²/₃° C. Luftthermometer, n die Anzahl der Grade über 0, welche das Thermometer in der Siedhitze angiebt (n = 100° C. des Luftthermometers). Die obige Formel wird also für den Fall, daß man nach Centesimalgraden rechnet, auch so geschrieben werden können:

Digitized by Google

Tabelle I. Ueber die Spannkraft und Dichtigkeit der Wasserdämpfe bei Temp. von 0° bis 80° R.

Temperatur. R.	Temperatur. C.	Spannkraft ausgedrückt in Quecksilbersäulen von 0° R. nach Wien. Z.	Spannkraft ausgedrückt in Quecksilbersäulen von 0° R. nach Par. Z.	Druck des Dampfes in Wien. Pf. auf 1 Wien. □Z.	Anzahl der Wien. K. K. Dampf aus 1 Wien. Pf. Wasser.	Dichtigkeit des Dampfs gegen jene des Wassers = 1.
0°	0°	0,132	0,128	0,058	4785,6	0,0000037
1	1,25	0,146	0,142	0,065	4333,7	0,0000041
2	3,5	0,162	0,157	0,072	3931,5	0,0000045
3	4,75	0,179	0,174	0,079	3571,3	0,0000050
4	5	0,198	0,192	0,087	3248,5	0,0000055
5	6,25	0,218	0,212	0,096	2958,7	0,0000060
6	7,5	0,240	0,234	0,106	2698,2	0,0000066
7	8,75	0,264	0,257	0,117	2463,8	0,0000072
8	10	0,290	0,282	0,128	2252,4	0,0000079
9	11,25	0,319	0,310	0,141	2061,7	0,0000086
10	12,5	0,349	0,340	0,155	1889,3	0,0000094
11	13,75	0,382	0,372	0,169	1733,5	0,000010
12	15	0,418	0,407	0,185	1592,2	0,000011
13	16,25	0,457	0,444	0,202	1464,0	0,000012
14	17,5	0,498	0,485	0,220	1347,6	0,000013
15	18,75	0,543	0,529	0,240	1241,9	0,000014
16	20	0,591	0,575	0,262	1145,7	0,000015
17	21,25	0,643	0,626	0,285	1057,9	0,000017
18	22,5	0,699	0,680	0,309	977,95	0,000018
19	23,75	0,759	0,738	0,336	904,86	0,000020
20	25	0,823	0,801	0,364	838,06	0,000021
21	26,25	0,891	0,867	0,394	776,93	0,000023
22	27,5	0,964	0,939	0,427	720,95	0,000025
23	28,75	1,043	1,015	0,461	669,60	0,000027
24	30	1,127	1,096	0,498	622,46	0,000029
25	31,25	1,216	1,183	0,538	579,17	0,000031
26	32,5	1,311	1,267	0,580	539,35	0,000033
27	33,75	1,413	1,375	0,625	502,69	0,000035
28	35	1,521	1,480	0,673	468,92	0,000038
29	36,25	1,636	1,592	0,724	437,78	0,000041
30	37,5	1,758	1,711	0,778	409,05	0,000043
31	38,75	1,888	1,837	0,835	382,49	0,000046
32	40	2,025	1,971	0,896	357,94	0,000050
33	41,25	2,171	2,113	0,961	335,23	0,000053
34	42,5	2,326	2,264	1,029	314,18	0,000057
35	43,75	2,490	2,423	1,102	294,69	0,000060
36	45	2,664	2,592	1,179	276,60	0,000064
37	46,25	2,847	2,771	1,260	259,81	0,000068
38	47,5	3,041	2,960	1,346	244,21	0,000073
39	48,75	3,246	3,159	1,436	229,71	0,000077
40	50	3,463	3,369	1,532	216,20	0,000082
41	51,25	3,691	3,592	1,633	203,65	0,000087
42	52,5	3,931	3,826	1,740	191,93	0,000093
43	53,75	4,185	4,072	1,852	181,01	0,000098
44	55	4,452	4,332	1,970	170,82	0,000104
45	56,25	4,733	4,606	2,094	161,31	0,000110
46	57,5	5,028	4,893	2,225	152,42	0,000117
47	58,75	5,339	5,195	2,362	144,10	0,000123
48	60	5,665	5,513	2,507	136,32	0,000130
49	61,25	6,008	5,846	2,658	129,04	0,000138
50	62,5	6,368	6,197	2,818	122,21	0,000145
51	63,75	6,745	6,564	2,985	115,82	0,000153
52	65	7,141	6,948	3,160	109,82	0,000162
53	66,25	7,555	7,352	3,343	104,18	0,000170
54	67,5	7,989	7,774	3,535	98,895	0,000180
55	68,75	8,443	8,216	3,736	93,922	0,000189
56	70	8,919	8,679	3,946	89,250	0,000199
57	71,25	9,416	9,162	4,166	84,852	0,000209
58	72,5	9,935	9,668	4,396	80,712	0,000220
59	73,75	10,478	10,196	4,636	76,813	0,000231
60	75	11,045	10,748	4,887	73,140	0,000243
61	76,25	11,637	11,324	5,149	69,673	0,000255
62	77,5	12,254	11,924	5,423	66,405	0,000267
63	78,75	12,897	12,551	5,707	63,320	0,000281
64	80	13,569	13,204	6,004	60,406	0,000294
65	81,25	14,268	13,884	6,313	57,653	0,000308
66	82,5	14,997	14,593	6,636	55,049	0,000323
67	83,75	15,755	15,331	6,971	52,589	0,000338
68	85	16,544	16,099	7,320	50,258	0,000353
69	86,25	17,365	16,898	7,684	48,053	0,000370
70	87,5	18,219	17,729	8,062	45,963	0,000386
71	88,75	19,107	18,592	8,454	43,984	0,000404
72	90	20,029	19,490	8,862	42,106	0,000422
73	91,25	20,987	20,422	9,286	40,325	0,000440
74	92,5	21,981	21,389	9,726	38,636	0,000460
75	93,75	23,012	22,393	10,182	37,032	0,000480
76	95	24,083	23,436	10,657	35,508	0,000500
77	96,25	25,194	24,516	11,148	34,059	0,000521
78	97,5	26,345	25,636	11,657	32,685	0,000543
79	98,75	27,538	26,797	12,185	31,376	0,000566
80	100	28,775	28,001	12,732	30,129	0,000589

$$e = \left[\left(0{,}006597\right)\left(1 + \frac{t}{1028{,}4}\right)\right]^{\frac{100 - t}{100 + \frac{3}{8} t}} \text{ oder}$$

$$= \left[\frac{0{,}006597\ (1028{,}4 + t)}{1028{,}4}\right]^{\frac{100 - t}{100 + \frac{3}{8} t}}$$

$$= \left[\frac{6415\ (1028{,}4 + t)}{1000000}\right]^{\frac{100 - t}{100 + \frac{3}{8} t}}.$$

Die nach dieser Formel berechneten Resultate, stimmen sowohl für die niedern, als auch für die höhern Temperaturen auf eine überraschende Weise mit den durch sorgfältige Beobachtungen gegebenen Werthen überein.

Digitized by Google

Tabelle II. Ueber die Spannkraft des Wasserdampfs von 1 bis 10 Atmosphären.

Tabelle III. Ueb. d. Spannkraft des Wasserd. v. 11 bis 50 Atmosphären.

Temperatur nach dem Quecksilberthermometer.		Spannkraft des Wasserdampfs ausgedrückt in						Druck, welchen der Dampf ausübt auf				Temperatur C.	Spannkraft d. Wasserdampfs in Atmosph. zu 0,76 Meter von 0° R.
		Atmosphären zu 0,76 M. von 0° R.	Quecksilbersäulen auf 0° R. reducirt.					1 □ Centim.	1 □ Z. Wien.	1 □ Z. Preuß.	1 □ Z. Dresdn.		
R.	C.		Meter	Wien. Zoll.	Pariser Zoll.	Preuß. Zoll.	Dresdner Zoll.	Kilogram.	Wien. Pf.	Preuß. Pf.	Leipziger Pf.		
80	100	1	0,76	23,410	28,075	29,058	32,197	1,033	12,800	15,108	12,313	180,03	11
89,76	112,2	1½	1,14	35,114	42,013	43,587	48,295	1,549	19,195	22,655	18,464	190,0	12
97,12	121,4	2	1,52	46,819	56,150	58,116	64,393	2,066	25,601	30,217	24,627	193,7	13
103,04	128,8	2½	1,90	58,524	70,188	72,645	80,491	2,582	31,995	37,763	30,777	197,19	14
108,08	135,1	3	2,28	70,229	84,225	87,174	96,590	3,099	38,402	45,325	36,940	200,48	15
112,48	140,6	3½	2,66	81,933	98,263	101,703	112,688	3,615	44,796	52,872	43,091	203,60	16
116,32	145,4	4	3,04	93,638	112,301	116,232	128,786	4,132	51,203	60,433	49,253	206,57	17
119,25	149,06	4½	3,42	105,346	126,338	130,762	144,884	4,648	57,597	67,980	55,404	209,4	18
122,46	153,08	5	3,80	117,048	140,376	145,291	160,983	5,165	64,003	75,541	61,567	212,1	19
125,44	156,8	5½	4,18	128,752	154,413	152,820	177,081	5,681	70,397	83,088	67,718	214,7	20
128,16	160,2	6	4,56	140,457	168,451	174,349	193,179	6,198	76,803	90,650	73,880	217,2	21
130,78	163,48	6½	4,94	152,162	182,489	188,878	209,278	6,714	83,197	98,196	80,031	219,6	22
133,20	166,5	7	5,32	163,867	196,526	203,407	225,376	7,231	89,604	105,757	86,194	221,9	23
135,50	169,37	7½	5,70	175,571	210,564	217,936	241,474	7,747	95,998	113,304	92,344	224,2	24
137,68	172,1	8	6,08	187,276	224,601	232,465	257,572	8,264	102,405	120,866	98,507	226,3	25
141,68	177,1	9	6,84	210,686	252,676	261,521	289,777	9,297	115,205	135,977	110,824	352,55	40
145,28	181,6	10	7,60	234,095	280,75	290,578	321,974	10,33	128,006	151,083	123,136	365,89	50

5) Siedpunkt der Flüssigkeiten ist die Temperatur, in der ihre Dämpfe gleiche Spannkraft mit der umgebenden Atmosphäre haben, und sich daher, ungehindert durch den Druck, mit völliger Freiheit zu entwickeln anfangen. Erhitzt man eine Flüssigkeit unter solchen Umständen, daß die sich bildenden Dämpfe frei in der Luft entweichen können, so wird ihre Hitze und hiermit die Spannkraft der Dämpfe nur bis zu einem gewissen Punkte gesteigert werden können, welcher eben durch die Erscheinung des Siedens charakterisirt ist. Wie viel Feuer man auch von da an noch einwirken lassen mag, Hitze und Spannkraft der Dämpfe werden sich nicht weiter erhöhen lassen, so lange die freie Entwickelung der letztern unbeschränkt bleibt. Bekanntlich fällt dieser Siedpunkt beim Wasser bei 80° R. oder bei 100° C. Erhitzt man dagegen eine Flüssigkeit in verschlossenem Raume, so daß die sich bildenden Dämpfe am freien Entweichen verhindert sind, so läßt sich die Hitze, die Spannkraft und Dichtigkeit der letztern ins Unbestimmte vermehren. Daher rührt es, daß Wasser im fest verschlossenen Papin'schen Topfe oder Digestor, so wie in den Dampfkesseln eine viel höhere Temperatur als 80° R. anzunehmen vermag, zugleich aber die Dämpfe eine solche Spannkraft erlangen können, daß sie die umschließenden Wände sprengen, wenn diese nicht sehr fest sind. Eben daher rührt es, daß eine kochende Flüssigkeit am Boden des Gefäßes immer eine etwas höhere Temperatur hat, als an der Oberfläche, weil die Dämpfe wegen des Drucks der Flüssigkeit unten weniger frei entweichen können, als oben. Die Spannkraft der gesättigten Dämpfe aller Flüssigkeiten ist bei ihrem Siedpunkte (der aber verschieden ist für verschiedene Flüssigkeiten) gleich, nämlich gleich dem Druck einer Atmosphäre; wonach z. B. der Druck des absoluten Alkohols bei ungefähr 62° R. (dem Siedpunkt desselben) dieselbe Spannkraft von 28 Zoll hat, als Wasser bei 80°. Je niedriger mithin der Siedpunkt einer Flüssigkeit ist, um desto geringere Temperatur erfordert sie zur Erlangung einer gegebenen Spannkraft, und es gilt, zwar nicht genau, aber doch annäherungsweise, das Gesetz, daß den Dämpfen aller Flüssigkeiten bei gleichen Graden unter oder über ihrem Siedpunkte gleiche Spannkräfte angehören, wonach z. B. Dampf von absolutem Alkohol bei 52° R. ungefähr dieselbe Spannkraft haben wird, als Wasserdampf von 70°.

6) Latente Wärme der Dämpfe. Von der Wärme, welche das Verdampfen bewirkt, wird ein gewisser Antheil in solcher Art verschluckt (ja die Dampfbildung beruht nur selbst auf dieser Verschluckung), daß es für Gefühl und Thermometer unmerklich wird, daher jede Verdampfung Wärme mindernd oder Kälte erzeugend wirkt, um so mehr, je rascher sie von Statten geht. Man befeuchte z. B. die Hand oder die Kugel eines Thermometers mit Wasser, oder dem noch schneller verdampfenden Schwefeläther, und blase darauf, um durch Luftzug die Verdampfung zu beschleunigen, so wird das starke Kältegefühl der Hand, oder das

Digitized by Google

schnelle Sinken des Queckſilbers im Thermometer deutlich beweiſen, daß der Dampf, um ſich zu bilden, den umgebenden Körpern Wärme entzieht. Der Antheil Wärme, der vom Dampf zu ſeiner Bildung verbraucht und hierdurch in unwirkſamen Zuſtand verſetzt wird, nennt man latente Wärme. Wird Dampf wieder tropfbar flüſſig, ſo wird dieſe latente Wärme wieder frei, wirkt wieder auf Gefühl und Thermometer, worauf hauptſächlich die Anwendung der Dämpfe zur Erwärmung beruht; denn mehr als die freie Wärme, die ſie ſchon als Dämpfe beſitzen, wirkt hierbei die latente Wärme, die ſie bei ihrer Verdichtung wieder frei werden laſſen. Da nach dem Mittel der Verſuche mehrer Phyſiker die Wärmemenge, welche von 1 Pfd. ſiedendheißem Waſſer noch aufgenommen werden muß, um ohne Erhöhung ſeiner Temperatur in Waſſerdampf überzugehen, hinreichend ſein würde, 428 Pfund Waſſer von 0° R. um 1° R. zu erwärmen, oder 1 Pfund Waſſer von 0° R. um 428° R. zu erwärmen, ſo ſagt man, die latente Wärme des ſiedendheißen Waſſerdampfs ſei 428° R. = 535° C. (Ure fand 537°, 22 C., Lavoiſier und Laplace 555° C., Clément und Deſormes 532°, Southern 538°, Deſpretz 531°). Je größer die freie (fühlbare) Wärme des Waſſerdampfs iſt, wovon ſeine Temperatur abhängt, um ſo kleiner iſt ſeine latente Wärme, und umgekehrt. Oder mit andern Worten, der Dampf erfordert um ſo weniger latente Wärme zu ſeiner Bildung und Entſtehung, in je höherer Temperatur er ſich bildet. Nämlich die freie und latente Wärme des Waſſerdampfs betragen immer zuſammengenommen 508° R. (wie vorhin verſtanden). Während daher die latente Wärme des ſiedendheißen Waſſerdampfs (von 80° R. freier Wärme) = 428 iſt, beträgt die latente Wärme eines Dampfes von 0° R. Temperatur 508° R., eines Dampfes von 100° R. Temperatur 408° R. u. ſ. f.

7) Mechaniſche Kraft des Dampfes bei conſtant bleibender Dichtigkeit. Betrachten wir nun die Spannkraft des Dampfes gegen eine Fläche, welche weichen kann, das Gewicht, welches er zu heben vermag, und die Höhe, auf welche es gehoben wird. Es iſt dieſe Unterſuchung der mechaniſchen Kraft des Dampfes um ſo wichtiger, da eben dieſe bei der Dampfmaſchine benutzt werden ſoll.

Denken wir uns, daß in dem Gefäße B, Fig. 10, Taf. VII, Dampf erzeugt werde, und es könne dieſer durch die Röhre S in den oben offenen Cylinder C treten und unter den Kolben P. Denken wir uns ferner, dieſer Kolben ſei ſo ins Gleichgewicht geſetzt, daß ſein eigenes Gewicht, ſo wie die Reibung als 0 zu betrachten iſt, ſo wird auf den Kolben blos die Luft drücken und dieſer Druck beträgt auf den Quadratzoll etwa 15 Pfd. oder auf ein Quadratcentimeter 1,03 Kilogrammen. So lange nun die Spannkraft des Dampfes die der Luft nicht erreicht hat, kann der Dampf auf keine Weiſe den auf dem Boden des Cylinders ruhenden Kolben verrücken; ſobald dieſelbe aber ſtärker wird, muß ſich der Kolben heben und der Cylinder mit Dampf füllen.

Hätte der Dampf eine Spannung von 1½ Atmoſphäre, ſo müßte der Kolben mit wenigſtens 7½ Pfund auf den Quadratzoll belaſtet werden, um nicht zu weichen, und mit 15 Pfd., wenn die Spannung gleich zweien Atmoſphären

wäre. Da nun, wenn die Belaſtung nur um etwas kleiner wäre, ſchon eine Bewegung ſtattfinden würde, ſo kann man ſagen, daß Dampf von 2 Atmoſphären in obigem Falle ſo vielmal 15 Pfd. zu heben vermag, als der Kolben Quadratzolle Oberfläche hat; bei 10 Quadratzoll würde er daher 150 Pfd. heben.

Nehmen wir an, der Cylinder ſei oben geſchloſſen und über dem Kolben ſei ein Fluidum von geringerem Druck, als die atmoſphäriſcher Luft, ſo würde ſchon ein ſchwächerer Dampf den Kolben heben und zweifacher mehr als 15 Pfd. auf den Quadratzoll.

Befände ſich über dem Kolben ein ganz luftleerer Raum, ſo müßte der allerſchwächſte Dampf ihn bewegen und ſolcher von zwei Atmoſphären Spannung 30 Pfd. auf den Quadratzoll heben und die mechaniſche Kraft des Dampfes die abſolut größte ſein.

Nehmen wir endlich an, daß, nachdem der Dampf den Cylinder gefüllt, der Hahn e geſchloſſen werde und der Dampf erkalte, folglich ſeine Dichtigkeit und Spannung vermindert werde, ſo würde die Luft, wenn der Cylinder oben offen iſt, den Kolben mit Gewalt herabdrücken, und auch dann, wenn dem Gewicht d noch ein zweites angehängt würde. Hätte der verdünnte Dampf nur noch die Spannung von ½ Atmoſphäre, ſo könnten, läßt man die Reibung unberückſichtigt, 7½ Pfd. auf den Quadratzoll angehängt werden, und 15 Pfd., wenn es möglich wäre, die Spannung des Dampfes gänzlich aufzuheben.

Hiernach läßt ſich leicht finden, wie groß die mechaniſche Kraft einer gegebenen Dampfmenge in allen Fällen, ohne Berückſichtigung des Gewichts und der Reibung des Kolbens, ſein muß.

Bei der Berechnung der abſoluten Kraft von 1 Pfd. oder 1 Kilogr. gemeinen Dampfes, d. h. ſolchen von 1 Atmoſphäre Spannung, verfährt man, wenn der Gegendruck außer Spiel bleibt, folgendermaßen: 1 Pfd. Waſſer giebt 25½ engl. Kubikfuß Dampf von 80° R.; hätte alſo der Kolben eine Fläche von 1 Quadratfuß, ſo würde er 25½ Fuß hoch gehoben werden, da kein Gegendruck vorhanden iſt, und der Kolben könnte mit 14½ Pfd. auf den Quadratzoll, alſo mit 144 × 14½ Pfd. = 2088 Pfd. belaſtet ſein. 1 Pfd. Dampf würde alſo 2088 Pfd. 25½ Fuß oder 2088 × 25½ = 52616 Pfd. 1 Fuß hoch heben, und dieß iſt alſo die abſolute mechaniſche Kraft von 1 Pfd. Waſſer in engl. Maaße. — Gewöhnlich betrachtet man 1000 Kilogr., 1 Met. hoch gehoben, als die Krafteinheit oder Dynamie, und ſo wäre denn die abſolute Wirkung von 1 Kilogr. Dampf = 17,569 Dynamien. oder dynamiſchen Einheiten. Wir kommen weiter unten auf die Beſtimmung der Dynamien zurück.

Nähme nun die Dichtigkeit des Dampfes in demſelben Verhältniß zu, wie die Expanſivkraft, ſo würde die mechaniſche Kraft für 1 Pfd. Dampf bei allen Graden der Elaſticität dieſelbe ſein. Allein der relative Druck wird bei höherer Spannung etwas größer, indem die Expanſivkraft ſchneller zunimmt, als die Dichtigkeit, und es muß daher auch die mechaniſche Kraft bei dichterm Dampf größer ſein, als bei dünnerm. Die Dichtigkeiten des Dampfs von 1 und 2 Atmoſphären verhalten ſich wie 589: 1114.

Hr. Prechtl (technol. Encykl. III. 589) giebt Temperatur, Spannung, Dampfquantum und mechaniſche Kraft

Digitized by Google

für 1 Pfd. verdampftes Wasser in Wiener Maaßen, wie folgt, an:

Temperatur.	Druck.	Dampfmenge.	Mechanische Kraft.
65½° R.	½ Atmosph.	57,2 Kubikf.	52452 Pfd.
75½	¾ „	39,5 „	54286 „
80	1 „	30,13 „	55237 „
97½	2 „	15,94 „	58450 „
108½	3 „	11,01 „	60570 „
116½	4 „	8,47 „	62107 „
123¾	5 „	6,93 „	63240 „
148	10 „	3,71 „	68054 „
164½	15 „	2,59 „	71143 „
176¾	20 „	2,00 „	73555 „

Der auf den Kolben stattfindende Gegendruck muß bei der Berechnung abgezogen werden und man findet dann die relative mechanische Kraft. Bei Maschinen mit Condensator kommt auch noch in Betracht, daß die Verdichtung keine vollständige Luftleere hervorbringt und auch, daß der Dampf durch eine engere Röhre in den Cylinder einströmt. Nimmt man den Querschnitt von jener zu $^1/_{100}$ des letztern und den Gegendruck des nicht vollständig verdichteten Dampfes zu 5,3 Centimeter, so ergiebt sich nach Fourier (Karsten's Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. 18, S. 137) die mechanische Kraft von 1 Kilogr. Dampf folgendermaaßen:

Temperatur.	Elasticität.	Theoret. Maximum	Maxim. ohne Gegendr.	Mit Gegendr. v. 53 Centim.
		der mechanischen Kraft in dynamischen Einheiten.		
100° C.	1 Atmosph	17,54	17,03	15,81
122	2 „	18,57	18,06	17,41
135	3 „	19,2	18,69	18,24
145,2	4 „	19,68	19,17	18,83
154	5 „	20,1	19,59	19,31
161,5	6 „	20,48	19,97	19,73
168	7 „	20,78	20,27	20,06
173	8 „	21,02	20,51	20,33

8) Mechanische Wirkung des sich expandirenden Dampfes. — Wir sahen, welche Last der Dampf zu heben vermag, wenn er unter einen Kolben tritt und kein anderer Gegendruck vorhanden ist. Würde nur so viel Dampf in den Cylinder gelassen, bis der Kolben die Hälfte seines Laufes vollendet hat, so würde er sich mit dieser Last nicht weiter bewegen, sondern stehen bleiben. Verminderte man aber die Last, so würde sich der Kolben noch mehr heben können, indem sich der Dampf als elastische Flüssigkeit sofort weiter expandiren könnte. Verminderte sich die Last um die Hälfte, so expandirte sich der Dampf ungefähr zu dem doppelten Volum und würde dann noch halb so viel Expansivkraft haben und hiermit noch halb so viel Gewicht eben so hoch heben. Der Dampf leistete in diesem Falle also eine um die Hälfte größere Wirkung. — Bei Expansion leistet ein und dasselbe Dampfquantum mehr als das doppelte, als wenn dieselbe nicht stattfindet.

Man wendet neuerlich das Prinzip der Expansion bei den Dampfmaschinen häufig an und zwar bei hochdrückendem Dampf. Wir kommen weiter unten darauf zurück.

9) Allgemeine Bemerkungen. — a) Wenn Luft und Dampf zugleich in einem Raume vorhanden sind, so ist die Spannkraft, die sie gemeinschaftlich äußern, gleich der Summe der Spannkräfte, die jedes für sich geäußert hätte.

b) Die Spannkraft des Dampfes steht bei gleicher Temperatur im geraden Verhältnisse seiner Dichtigkeit, wonach dasselbe Dampfquantum blos eine halb so große Spannkraft äußern kann, wenn es (bei gleicher Temperatur) den doppelten Raum auszufüllen hat.

c) Bei gleichbleibender Dichtigkeit andrerseits, wenn z. B. ein unveränderliches Dampfquantum in einem Gefäß mit nicht ausdehnsamen Wänden eingeschlossen ist, hält die Erhöhung der Spannkraft gleichen Schritt mit der Erhöhung der Temperatur. Man findet den Zuwachs der Spannkraft für jede Temperatur, indem man berechnet, um wieviel sich das gegebene Dampfquantum durch die gegebene Temperaturerhöhung ausgedehnt haben würde, wenn ihm diese Ausdehnung gestattet gewesen wäre. Die Größe der Spannkraft bei der erhöheten Temperatur verhält sich zur Größe derselben bei der niedern Temperatur, wie der Umfang, zu dem sich der Dampf eigentlich hätte ausdehnen sollen, zu dem constanten Umfang, auf den er vermöge der Gefäßwände beschränkt bleibt. Es kommt dabei folgende Formel in Anwendung:

$$E' = E\,(1 + 0{,}00375\,t);$$

dabei ist E die Spannkraft bei 0°, E′ bei 1° C.

d) Die Dämpfe dehnen sich durch die Wärme ganz nach demselben Gesetze und um gleiche Größe aus, als die bleibenden Gasarten.

e) Die specifische Wärme des Wasserdampfs ist 0,837, wenn die einer gleichen Gewichtsmenge von Wasser als Einheit angesehen wird.

Das Gesagte mag für den Zweck des vorliegenden Werkes hinreichend sein; sehr vollständig zusammengestellt sind die frühern Untersuchungen über Dampf in Gehler's physikalischem Wörterbuche, neue Aufl., 2. Bd., Art. „Dampf" vom Prof. Munke, S. 279 ꝛc. Die spätern Untersuchungen findet man in Fechner's Repertorium der Physik, I., Leipzig 1832, S. 173 ꝛc. und in dem Repertorium der Physik von Dove und Moser, I., Berlin 1837, S. 41 ꝛc. Siehe auch die Artikel „Dampf" in Prechtl's Encyklopädie, III., S. 493 ꝛc. und im Hauslexikon, Bd. II., S. 400 ꝛc.; von Bernoulli in seinem Handbuche, S. 153 ꝛc.

Eintheilung der Dampfmaschinen im Allgemeinen.

Im Allgemeinen lassen sich die verschiedenen Systeme der Dampfmaschinen nach drei verschiedenen Rücksichten eintheilen:

Digitized by Google

1) Nach der Benutzungsweise des Dampfs: a) in solche, bei denen der Druck der Atmosphäre wirkt, der Dampf aber nur als Hülfsmittel dient, um den Atmosphärendruck abwechselnd aufzuheben und in Wirksamkeit treten zu lassen, — atmosphärische Maschinen; und b) solche, bei denen der Dampf als alleinig wirkende Kraft eintritt.

2) Nach der Höhe der Spannung der angewendeten Dämpfe: a) in Maschinen von niedrigem Drucke, wo die Spannung der angewendeten Dämpfe nur eben dem einfachen Drucke einer Atmosphäre gleichkommt, oder ihn nur sehr wenig übersteigt, — zu ihnen gehören auch die rein atmosphärischen Maschinen von niedrigem Dampfdrucke — und b) Hochdruckmaschinen, bei denen sie dem Drucke mehrer Atmosphären gleichkommt, welche Maschinen die noch zuweilen gemachte Abtheilung derer von mittlerem Drucke mit in sich fassen.

3) Nach der Anwendung der Condensation (Verdichtung oder Niederschlagung) der Dämpfe: a) in solche, bei denen die Dämpfe mittel- oder unmittelbar durch Wasser in der Maschine verdichtet, und b) solche, bei denen sie in die freie Luft hinausgetrieben werden. Unter die erstern gehören alle Dampfmaschinen von niederm und auch viele von hohem Drucke, unter die letztern nur Hochdruckmaschinen.

Gleich vorläufig ist hier zu erwähnen, daß die Grenzen der Begriffe der Dampfmaschinen von niederem und hohem Drucke nicht sehr scharf gezogen sind; am Allgemeinsten gilt der von Watt angenommene: Dampfmaschinen von niederem Drucke (low-pressure-engines) diejenigen zu nennen, welche nicht über 2 bis 4 Pfund pro Quadratzoll Ueberdruck über die Atmosphäre äußern; — Hochdruckmaschinen (high-pressure-engines) solche, welche von da an aufwärts, am gewöhnlichsten 3 bis 4 Atmosphären, Mehrspannung besitzen.

Beschreibung der jetzt gewöhnlich angewendeten Arten von Dampfmaschinen und ihrer verschiedenen Theile.

Wir bemerkten schon weiter oben, daß es zu weit führen würde, eine Geschichte der Dampfmaschinen, von welch hohem Interesse sie auch immerhin sein mag, mitzutheilen. Wir können in dieser Beziehung nur bemerken, daß mit James Watt, dem berühmten Maschinenfabrikanten zu Soho bei Birmingham, eine ganz neue Periode derselben beginnt, ja daß dieser ausgezeichnete Mechaniker als der eigentliche Erfinder der heutigen Dampfmaschinen angesehen werden muß. Seine Reformversuche, die mit dem glücklichsten Erfolge gekrönt wurden, beginnen mit dem Jahre 1769. Vorher kannte man nur die atmosphärischen Maschinen; in den Prinzipien Watt's ist wenig Wesentliches geändert, denn die Hochdruckmaschinen waren auch schon in seinen Patenten mit begriffen; der Doppelcylinder ist die Erfindung Hornblower's und Woolf's. — Eine sehr gute Geschichte der Dampfmaschinen, durch treffliche Abbildungen erläutert, findet man in dem weiter unten näher aufgeführten Werke von Severin, S. 4 ꝛc.

Wir müssen uns hier, wie ebenfalls schon bemerkt, darauf beschränken, die neuern Dampfmaschinen zu beschreiben, bei denen die Grundsätze Watt's beibehalten, bei denen aber die Einrichtung, das Verhältniß der einzelnen Theile, durch die Erfahrung, den Scharfsinn und die bessere Ausführung der neuern Mechaniker vielfach verbessert worden sind. Selbst von diesen neuesten Maschinen können wir nur wenige der wichtigsten und besten Arten beschreiben, denn diese sind so zahlreich, wie die Maschinen selbst. So hat man jetzt eine Menge von Arten senkrechter Bewegungen, deren erste und beste, die Storchschnabelbewegung, schon von Watt herrührt. Watt stellte seine Cylinder senkrecht; man findet jetzt deren von liegender, geneigter und hängender Stellung. Watt machte seine Kolben mittelst einer Hanfliederung dampfdicht; jetzt haben wir außerdem Feder-, sich umdrehende und sich ausdehnende Metall-Kolben u. s. w. Die Cylinder sind aber nicht allein in einer sehr verschiedenen Stellung, sondern auch in jedem Verhältniß der Größe angebracht worden; eine eben so große Verschiedenheit hat bei den relativen Verhältnissen des Condensators und der Luftpumpe zu dem Dampfcylinder stattgefunden. Die Formen von den Ventilen aber und die Methoden, sie zu öffnen und zu schließen, um den Dampf in den Cylinder einzulassen und von demselben abzusperren ꝛc., haben vielleicht größere Veränderungen erlitten, als irgend einer der andern Maschinentheile. Von allen Veränderungen aber, die stattgefunden haben, sind die einer verbesserten Arbeit die wichtigsten. Die Ausführung der Maschinen ist jetzt weit vorzüglicher, als sie noch vor wenigen Jahren war, und derselben ist es vielleicht mehr als den Veränderungen bei der Einrichtung der Maschine zuzuschreiben, daß sie jetzt mehr wirken und daß ihre Wirkung immer noch zunimmt. — Die Verbesserungen der Dampfmaschine in den letzten 40 Jahren, ist das Resultat der Bemühungen der berühmtesten Mechaniker Englands und des Festlandes.

Wir reden nun zuvörderst von der Dampferzeugung, gehen dann zu der Beschreibung der wichtigsten Systeme von Dampfmaschinen, dann zu der der hauptsächlichsten einzelnen Theile derselben und endlich zu der Anwendung der Dampfmaschinen beim Bergbau, bei der Schifffahrt ꝛc. über, indem wir von der Benutzung der Dampfmaschinen zum Transport auf den Eisenbahnen in einer andern Abtheilung des Werkes reden.

Die Apparate, welche dazu dienen, das Wasser mittelst äußerer Erhitzung in Dampf zu verwandeln, um denselben als mechanische Kraft oder zur Erwärmung anzuwenden, nennt man

Dampfkessel (Steam boiler, Steam engine boiler, engl., Chaudières à vapeur, franz.)

Der bei der Einrichtung dieser Apparate zu erreichende Zweck besteht im Wesentlichen darin, eine gegebene Menge Dampf in gegebener Zeit mit der geringsten Menge von Brennmaterial mit möglichster Sicherheit gegen die Expansivkraft der Dämpfe zu entwickeln. Wir haben hier zu berücksichtigen: 1) das Material, 2) die nöthige Stärke, 3) die verlangte Dampfmenge, 4) die Form und Feuerungsart und 5) die einzelnen Vorrichtungen an den Dampfkesseln.

1) Die Materialien zur Anfertigung der Dampfkessel sind Gußeisen, Eisen- und Kupferblech. Ersteres wird jetzt nur noch wenig angewendet, da es durch die nicht zu vermeidenden plötzlichen Temperaturabwechselungen

Digitized by Google

zu leicht Sprünge bekommt und unhaltbar wird, seine innere Beschaffenheit übrigens auch selten hinreichend gleichförmig und fehlerfrei ist, so daß man sich auch bei einer bedeutenden Dicke nicht gänzlich auf seine Stärke verlassen kann. Beim Zerspringen wird das Gußeisen bombenähnlich zerstückt, während das weiche und zähe Eisen- und Kupferblech, auf welche die ungleichförmige Erhitzung und Ausdehnung im Feuerheerde ohnehin weit weniger Einfluß hat, in der Regel blos Risse erhalten, aus denen der Dampf hervordringt. Endlich sind größere Kessel auch sehr schwierig zu gießen.

Man wendet daher jetzt fast allein nur noch Eisen- und Kupferblech, hauptsächlich ersteres, und besonders zu den Tafeln von gehöriger Stärke ausgewalzt, weit weniger geschmiedetes, an. Die einzelnen Blechtafeln werden, nachdem sie die gehörige Form erhalten haben, mit starken Nietnägeln aus demselben Metall stark mit einander verbunden. Bei Holzfeuerung und bei cylindrischen Dampfkesseln oder Röhren von geringerem Durchmesser, die sich nur gelöthet gut darstellen lassen, ist Kupfer dem Eisenblech vorzuziehen.

2) Was nun die Stärke der Dampfkessel betrifft, so muß die Dicke der Metallwände, aus denen der Kessel hergestellt wird, so genommen werden, daß ihr Widerstand gegen den innern Druck der Dämpfe, welchen sie gewöhnlich aushalten sollen, auch unter den ungünstigsten Umständen bedeutend genug ist. Hr. Prechtl (techn. Encykl. 3, 524) stellt hierzu folgende sehr einfache Formel auf. Es sei für einen Cylinder, dessen Halbmesser $= r$, in Zollen, ist, der innere Druck des Dampfes gegen die Wände in Pfunden auf 1 Quadratzoll über jenem der Atmosphäre $= p$, die Dicke der cylindrischen Wand $= x$, in Zollen, die absolute Festigkeit oder Kohäsion des Metalles für einen Quadratzoll Querschnitt in Pfunden $= c$; so ist für den Fall, daß die Dicke so groß wird, daß sie dem innern Drucke gerade das Gleichgewicht hält,

$$x = \frac{pr}{p-c},$$

wofür, da in dem vorliegenden Falle p gegen c nur sehr klein ist,

$$x' = \frac{pr}{c}$$

gesetzt werden kann.

Da aber die Festigkeit oder Kohäsion des Metalles durch die Einwirkung des Feuers, welche es erleidet, sehr vermindert wird, so muß jene Größe um so viel vermehrt werden, als die Verminderung beträgt. Eisenblech verliert nämlich in dunkler Rothglühhitze, oder bei etwa 400° R., $^1/_6$ seiner Festigkeit, bei 240° R. demnach — den Verlust der Temperatur proportional genommen —, bis wohin sich die äußere Kesselwand in der Nähe des Feuers erhitzt, ungefähr $^3/_6$; folglich für gleiche Stärke eine Vermehrung der Dicke um das Doppelte, oder $x'' = \frac{2pr}{c}$. Durch Nieten, Umbiegen und Löthen dürfte die Kohäsion auch wieder um die Hälfte geschwächt werden, folglich wird hiernach $x''' = \frac{4pr}{c}$. Endlich muß auch noch die nachtheilige Einwirkung auf die Kohäsion durch ungleiche Ausdehnung der verschiedenen Theile der Wand berücksichtigt werden, so daß sich $x''' = \frac{5pr}{c}$ ergiebt.

Nun hat aber der im Feuer liegende Kessel noch immer keinen Ueberschuß an Stärke gegen den innern Druck, weshalb dieselbe also noch um so viel vermehrt werden muß, daß die stete Wirkung des innern Drucks keine nachtheilige Ausdehnung oder bleibende Aenderung in dem Metalle hervorbringen kann, d. h. wenigstens um das Dreifache, so daß

$$x^v = \frac{15\,pr}{c}$$

wird.

Es muß aber ferner berücksichtigt werden, daß die Bestimmung der Kohäsion oder des Werthes von c immer im Maximum angegeben ist, weshalb für das Kesselblech nur ein Drittel davon angenommen werden kann. Folglich müssen wir für Schmiedeeisen für 1 Quadratzoll Querschnitt $c = 18000$ und für Kupfer $c = 12000$ Pfund annehmen.

Hiernach ist

für Eisenblech $x^{vi} = \frac{pr}{1200}$,

für Kupferblech $x^{vi} = \frac{pr}{800}$.

Bei dieser Formel ist aber diejenige Dicke der Kesselfläche unberücksichtigt gelassen, welche dazu erforderlich ist, daß die Wände nicht durch ihre eigene Belastung eine Biegung erleiden. Es ist daher nöthig, den aus der Formel für x^{vi} sich ergebenden Metalldicken noch diejenige Dicke hinzuzufügen, welche hinreicht, den Wänden an und für sich und unabhängig von der Wirkung einer innern Spannung diejenige Festigkeit zu geben, welche sie haben müssen, um sich innerhalb der Grenzen ihrer Elasticität in ihrer Form zu erhalten. Man kann zu dem Ende annehmen, daß sowohl für Eisen als Kupfer eine Röhre von 1 Zoll Durchmesser mehr als hinreichende Steifigkeit mit einer Wanddicke von 0,01 Zoll erhalte. Da nun für diese Art von Festigkeit ähnlicher Cylinder die Dicke ihrer Wände sich wie die Quadratwurzel des Durchmessers verhält, so ist die für die eigene Stabilität nöthige Wanddicke $= 0{,}01 \sqrt{2r}$.

Hiernach wird also

für Eisenblech $x = \frac{pr}{1200} + 0{,}01 \sqrt{2r}$,

für Kupferblech $x = \frac{pr}{800} + 0{,}01 \sqrt{2r}$.

Obgleich ein sphärischer Kessel oder die sphärischen Enden oder Bodenstücke eines Cylinders, der Rechnung nach, nur die Hälfte der Stärke bedürfen, so behält man doch sowohl hier, als auch bei länglich viereckigen Kesseln mit gewölbten Deckeln, oder bei ein- und auswärts gebogenen Wänden, dieselbe Formel zur Berechnung der Wanddicke bei. Die der unmittelbaren Einwirkung des Feuers und der heißen Luft ausgesetzten Stellen des Kessels, die eine stete Oxydation erleiden und daher fortwährend geschwächt werden, macht man aus um die Hälfte dickerm Blech, als

Digitized by Google

die andern Theile. Nur bei cylindrischen Kesseln ist dieß nicht rathsam, weil diese Cylinder der Länge nach nur eine Nietung erhalten, bei der Anwendung einer eigenen Bodenplatte aber drei Nietungen erforderlich sein würden.

Wir machen mit Herrn Prechtl die Formeln durch einige Beispiele deutlicher. a) Bei einem cylindrischen Kessel von Eisenblech von 5 Fuß Durchmesser und mit einem Druck von 30 Pfund auf 1 Quadratzoll, ist $x = \frac{30 \times 30}{1200} + 0{,}077'' = 0{,}827$ Zoll. Für einen Druck von 10 Pfund auf den Quadratzoll wird diese Wanddicke $= 0{,}327''$.

b) Für einen länglich viereckigen Kessel von Eisenblech, dessen größte Diagonale im Querschnitt 8 Fuß beträgt und der Druck des Dampfes auf den Quadratzoll 4 Pfund, ist $x = \frac{48 \times 4}{1200} + 0{,}0979 = 0{,}258$ Zoll für die obern Platten, und $= 0{,}288 \times 1{,}5 = 0{,}387$ für die über dem Feuerheerde.

c) Für einen ähnlichen, viereckigen Kessel aus Kupferblech, dessen größte Diagonale $= 6$ Fuß, der innere Druck $= 4$ Pfund, wird $x = 0{,}264''$ für die obern, und $= 0{,}396''$ für die Bodenplatten.

d) Für einen eisenblechernen Cylinder von 10″ Durchmesser und 4 Pfund Druck wird $x = 0{,}048$, oder nahe $^1/_2$ Linie.

Es stimmen diese Verhältnisse mit den besten praktischen Erfahrungen dieser Art völlig überein, und gewähren für die nöthige Stärke des Kessels diejenige Sicherheit und Dauer, ohne auf der andern Seite einen unnöthigen Materialaufwand zu veranlassen. Gewöhnlich giebt man in der Praxis den kupfernen Kesseln dieselbe Wanddicke, wie den eisenblechernen; denn obgleich Kupfer eine geringere Kohäsion als Eisen hat, so besitzt es doch ein gleichförmigeres und dichteres Gefüge und erhält bei der Bearbeitung seltner unganze Stellen.

Gußeisen ist nur in der Form von Röhren für Dampfapparate zulässig. Die zur eigenen Stabilität erforderliche Dicke auf 1 Zoll Durchmesser muß wenigstens $= 0{,}1$ Zoll betragen und seine Kohäsion, gleich der des Kupfers gesetzt, ist

$$x = \frac{pr}{800} + 0{,}1 \sqrt{2e}.$$

So ist z. B. für eine Röhre von 10″ Durchmesser, bei 10 Pfund innerm Druck $x = 0{,}0625'' + 0{,}316'' = 0{,}378''$; für eine Röhre von 6″ Durchmesser und 25 Pfund Druck $= 0{,}0937 + 0{,}245 = 0{,}338''$.

Die Wände des Dampfkessels müssen vollkommen dampfdicht hergestellt werden, welches durch eine starke und dichte Nietung und bei Röhren durch Löthen bewerkstelligt wird. Eisenblecherne Kessel haben den Vorzug, daß dünne Spalten in der Nietung sich leicht von selbst, theils durch Oxydation, theils durch den Absatz des Wassers, ausfüllen und dadurch nach kurzem Gebrauch dichter werden, welches bei kupfernen Kesseln weniger der Fall ist. Lassen bei diesen die genieteten Stellen etwas durch, so ist es gut, in das Wasser des Kessels etwas Salmiak zu werfen, wodurch ebenfalls die allmählige Ausfüllung jener dünnen Spalten durch Oxydation bezweckt wird.

3) Die Dampfmenge, welche der Kessel in einer bestimmten Zeit liefert, hängt ab: 1) von dem Unterschiede der Temperatur der heißen Luft im Feuerheerde, welche die Kesselwände berührt, und der Temperatur des verdampfenden Wassers im Kessel; 2) von der Schnelligkeit des Ueberganges der äußern Hitze nach innen; 3) von der Größe der zwischen Wasser und Feuer liegenden Wandfläche.

Die Dampfmenge, dem Gewicht nach, wird also um so größer, je höher jener Temperaturunterschied, je größer die verdampfende Fläche, und je schneller letztere die Wärme durchleitet. Sowohl die Größe des Temperaturunterschiedes der Hitze in dem Feuerraum und der Hitze des Wassers, als auch die Schnelligkeit der Wärmedurchleitung hängt von der Dicke der vom Feuer bestrichenen Wand ab. Wird daher Dampf von höherer Temperatur erzeugt, so ist für eine gleiche Gewichtsmenge des Dampfes, bei demselben Hitzgrade des Feuerheerdes und derselben Dampffläche und Wanddicke, etwas mehr Zeit erforderlich, als zur Bildung von Dampf von niedriger Temperatur, weil der Temperaturunterschied geringer ist. Aber auch etwas mehr Brennstoffaufwand ist dazu erforderlich, weil die Luft mit einer höhern Temperatur in den Rauchfang entweichen muß, die der Temperatur der zu erzeugenden Dämpfe, wenn auch nicht gänzlich gleich, doch proportional ist.

Der Einfluß, den die Dicke der Kesselwand auf den Temperaturunterschied äußert, ist nicht unbedeutend. Nach den angestellten Versuchen beträgt er bei einem eisernen Kesselboden von 0,82 Stärke zur Erzeugung von Dampf von höherer Spannung 12,1° R.; er wird um so größer, je höher die Temperatur des Wassers an der innern Fläche wird. Diese Temperatur ist für die Erwärmung der innern Kesselfläche oder des Wassers als verloren anzusehen, weil hier die Luft mit 116,1° in die Esse treten muß, wenn sie die Kesselwand nicht abkühlen soll, während sie bei einer dünnen Wand nur mit 1 oder 2 Graden über der innern Temperatur der Kesselfläche auszutreten brauchte.

Bedeutender noch ist der Einfluß, welchen die Wanddicke auf die Schnelligkeit der Durchleitung der Wärme ausübt. Die dazu erforderliche Zeit ist durch keine Versuche ausgemittelt worden. Die Menge des bei gleicher Fläche und gleicher Feuerung erzeugten Dampfes wird um so geringer, je größer jene Zeitdauer ist, und es ist demnach eine bedeutende Erhöhung der äußern Temperatur erforderlich, um durch den größern Unterschied derselben jene Verzögerung wieder aufzuheben. Man muß daher bei Angabe der Dampffläche für eine gewisse Dampfmenge auch die Dicke der Kesselwand berücksichtigen. — Für Kupfer von derselben Dicke beträgt der angegebene Temperaturunterschied nur 8,7° R. Es ergiebt sich daraus der Vorzug dieses letztern Metalles und der Nachtheil des Gußeisens, welches weit dicker genommen werden muß, als Blech, so daß der Temperaturunterschied bei 2 Zoll Dicke 31,8° beträgt. Es folgt ferner die praktisch wichtige Regel, daß es wegen Einfluß der Wanddicke vortheilhafter sei, die Dampfkessel nicht zu groß zu machen, weil jene mit dem Durchmesser wächst, und wenn Dampf von hoher Spannung entwickelt werden soll, hierzu nur Cylinder von geringem Durchmesser zu nehmen, um die bedeutende Dicke größerer Kessel zu vermeiden.

Digitized by Google

Die dem Dampfkessel zu gebende Fläche zwischen Wasser und Feuer, um in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Dampfmenge zu erzeugen, hängt für gleiche Wanddicke von der äußern Feuerung ab. Bei einer sehr dünnen Wandfläche liefern 10 Quadratfuß Oberfläche in 1 Minute 1 Pfund Wasserdampf, bei einer äußern Temperatur von 93⅓°, wenn Dampf von 80° entwickelt werden soll. Man kann dieß als Maximum annehmen.

Die weiter oben bei Betrachtung der physikalischen Eigenschaften des Dampfes mitgetheilte Tabelle I. enthält in der 6. Colonne die Anzahl der Kubikfuße Dampf von der zugehörigen Temperatur und Elasticität, welche 1 Pfund wiegen; wonach sich also die Verdampfungsfläche für Dampf von höherer Temperatur in Kubikfußen ergiebt.

Bei verstärkter Feuerung, die von der Größe der Rostfläche und der Stärke des Zuges abhängt, vermehrt sich die Dampfmenge für gleiche Fläche im Verhältniß der äußern Temperatur. Nehmen wir, um Wanddicke und höhere Temperatur der Dämpfe zugleich zu berücksichtigen, die oben berechnete äußere Temperatur für 10 Quadratfuß auf 1 Pfund Dampf mit 116° R. an, so werden sonach 10 Quadratfuß Fläche in 1 Minute bei mittlerer Temperatur des Feuerheerdes

von	116°	R.	liefern	1	Pfund	Dampf
„	174°	„	„	1,5	„	„
„	232°	„	„	2	„	„
„	348°	„	„	3	„	„
„	464°	„	„	4	„	„

Diese Verhältnisse stimmen mit der Erfahrung überein, und erklären zugleich die Verschiedenheit der Angaben über die Dampfflächen für bestimmte Dampfmengen.

Aus dem Gesagten folgt, daß die Dampfbildung bei hoher Temperatur und geringerer Dampffläche nur dadurch möglich wird, daß die heiße Luft mit einer hohen Temperatur von der Kesselfläche in die Esse tritt, daß demnach die Erzeugung der erforderlichen Dampfmenge durch starke Feuerung und mit bedeutendem Brennmaterialverlust möglich, und daß es also für die Ersparung desselben am vortheilhaftesten sei, die Dampffläche so groß als möglich zu machen, weil man es alsdann in seiner Gewalt hat, den Rauch mit gehörig niedriger Temperatur in die Esse treten zu lassen, ohne an der erforderlichen Dampfmenge zu verlieren. Als Regel gilt, die dampfende Fläche lieber zu groß, als zu klein zu machen, indem alsdann eine geringere Hitze und eine längere Dauer des Kessels möglich wird.

4) Form der Dampfkessel und Feuerungsart. — Die den Dampfkesseln zu gebende Form ist um so besser, je mehr Stärke des Kessels sie gewährt, eine je größere Oberfläche sie für gleichen Wasserinhalt dem Feuer darbietet, und je besser und gleichförmiger sie die Heitzung zuläßt. Die Form ist entweder sphärisch, oder cylindrisch, oder länglich viereckig. — Runde Kessel mit mehr oder weniger ausgewölbtem Boden und halbkugelförmigem Deckel werden nur noch in kleinen Dimensionen angewendet, indem sie sich nicht vortheilhaft und bequem heitzen lassen. Sollen die Dämpfe zur Heitzung, zum Sieden ꝛc. angewendet werden, so sind sie brauchbar, weil sie viel Wasser enthalten können, und eine minder regelmäßige Speisung zulassen.

Um bei einer bedeutenden Oberfläche eine vortheilhafte Heitzung zu gestatten, müssen die Kessel, seien sie nun cylindrisch oder oblong, eine Länge erhalten, welche hinreichend ist, die vom Brennmaterial kommende glühende Luft, sowohl bei ihrer Strömung unter dem Boden, als auch beim Zurückkehren durch die Züge, bis zu ihrem Eintritt in die Esse, gehörig abzukühlen. Diese Länge muß im Verhältniß zur Länge und Breite des Feuerheerdes stehen, beträgt aber wenigstens das Dreifache von letzterer, wenn, wie es gewöhnlich der Fall ist, die Länge des Rostes ein Viertheil der Bodenfläche ausmacht. Die von der heißen Luft in den Zügen bestrichene Fläche der Kesselwand verhält sich in der Regel zu jener der Bodenfläche wie 7:3; so daß also die Rostfläche $^3/_{10}$ der gesammten, vom Feuer bestrichenen Kesselfläche ausmacht. Die Länge der Züge beträgt wenigstens das Doppelte von der Länge der Bodenfläche; nimmt man also die Breite des Rostes zu $^2/_3$ der Breite des Kessels, so wird seine Länge $= {}^3/_6$ jener der Bodenfläche, oder mit Einschluß der Züge an den Enden, etwa $^1/_{10}$ von der ganzen Länge der vom Feuer bestrichenen Fläche.

Es ist durchaus nicht vortheilhaft, die Kessel zu groß zu machen, sondern weit zweckmäßiger, für eine größere Dampfmenge zwei und mehre anzuwenden. Ueber eine Länge von 15 Fuß sollte man ohne wichtige Gründe nicht hinausgehen. Kleine Kessel erfordern zwar verhältnißmäßig mehr Brennmaterial, als große; überschreitet jedoch der Feuerheerd eine gewisse Größe, so wird dadurch die gleichförmige Verbrennung und die Regierung des Feuers wieder gehindert, und der Effect verhältnißmäßig vermindert.

Fig. 1 und 2, Taf. XIV, zeigt die Einrichtung eines viereckigen Kessels (in England waggonboiler genannt) für eine Watt'sche Dampfmaschine, sammt der Feuerungsanlage. A ist der Kessel mit dem Boden und den Seitenflächen etwas einwärts, B der Rost, von welchem das Feuer über die Brust a, unter dem Boden hinstreicht, bei b in die Höhe tritt, in dem Zuge an der hintern Seitenfläche des Kessels hinstreicht, durch den Zug c um das vordere Ende geht, und durch den Zug d an der vordern Seitenfläche in die Esse tritt, wo zur Regulirung des Luftzuges ein Register D angebracht ist. C ist der Aschenfall, welcher so wie der Feuerraum B mittelst Thüren genau verschlossen werden kann. Die Luft tritt gewöhnlich durch einen Kanal in den Raum C, und der Kanal ist mit einem Register versehen, um den Luftzutritt nach Belieben mäßigen zu können. T ist die Dampfröhre, durch welche der Dampf in den Cylinder der Maschine tritt. M ist die Einfahrt (Mannloch, Fahrloch; man hole, engl.), eine so weite Oeffnung, daß durch dieselbe ein Arbeiter in das Innere des Kessels gelangen kann, um ihn zu reinigen und zu untersuchen.

Ein solcher Kessel hat für Maschinen mit niederm Druck, bei denen die höchste Belastung 4 Pfund auf den Quadratzoll beträgt, oder auch für andere Zwecke, bei denen Dampf mit ganz niedrigem Druck entwickelt werden soll, die zweckmäßigste Form, da er eine verhältnißmäßig große Fläche darbietet, die sehr vortheilhaft der Einwirkung des Feuers ausgesetzt ist. Mit den untern Seitenkanten ruht der Kessel auf dem Mauerwerke so auf, daß dieselben vor dem unmittelbaren Angriffe des Feuers geschützt sind. — Große

Digitized by Google

Kessel dieser Art haben in ihrem Innern, der Länge nach, einen Kanal oder Zug, durch welche die heiße Luft strömt, ehe sie in die Züge an den äußern Seitenwänden gelangt.

Wir geben mit Herrn Prechtl die Dimensionen eines Kessels, wie der in Fig. 1 und 2, Taf. XIV, abgebildete, für eine Dampfmaschine von 36 Pferdekräften, die als Beispiel und Muster dienen können. — Der Kessel hat $5^1/_2$ Fuß Breite, 17 Fuß Länge, eine halbcylindrische Decke, und seine ganze Höhe beträgt $7^1/_2$ Fuß. Der Boden ruht auf jeder Seite $4^1/_2$ Zoll breit auf dem Mauerwerk; die übrigen $4^3/_4$ Fuß der Breite, welche über dem Feuer liegen, sind 10 Zoll tief einwärts gewölbt. Die Seiten des Kessels haben eine Biegung von 3 Zoll einwärts, so daß die Weite desselben zwischen den eingebogenen Stellen 5 Fuß beträgt. Die Höhe der Seitenwände beträgt also $7^1/_2 - 2^1/_4 = 4^1/_4$ Fuß. Das Wasser geht bis an den Anfang des cylindrischen Deckels, dessen Inhalt = 202 Kubikfuß der Dampfraum ist. Der durch die Länge des Kessels gehende viereckige Kanal ist 20 Zoll weit und 17 Fuß lang; seine senkrechte Höhe $2^1/_2$ Fuß. Das Wasser steht 11 Zoll hoch über seiner obern Platte, und die untere Platte liegt 6 Zoll über der höchsten Stelle des eingebogenen Kesselbodens. Die Seitenflächen dieses innern Kanals sind auswärts gebogen, so daß er in der Mitte seiner Höhe 28 Zoll Weite erhält, und der Zwischenraum zwischen diesen Seiten und den gegenüberliegenden des Kessels hat demnach an der engsten Stelle 16 Zoll Weite. Der Querschnitt des Kanals beträgt $4^3/_4$ Quadratfuß, die gesammte erhitzte Oberfläche des Kessels (die untere Platte des Kanals unberücksichtigt gelassen) $360^2/_3$ Quadratfuß.

Der Rost ist $4^1/_2$ Fuß breit und 5 Fuß lang, aus einer doppelten Reihe von $2^1/_2$ Fuß langen Stäben, 17 an der Zahl, bestehend, deren obere breite Fläche $2^1/_2$ Zoll beträgt, und die Zwischenräume zwischen denselben $^5/_8$ Zoll. Das vordere Ende des Rostes liegt 14 Zoll unter den Seitenkanten des Kessels, also 24 Zoll unter dem höchsten Punkt des Bogens. Der Rost neigt sich von vorn nach hinten etwa 20° abwärts; so daß das hintere Ende des Rostes 40 Zoll unter dem Mittel des gewölbten Kesselbodens liegt. Die gemauerte Brust am Ende des Rostes (Feuerbrücke) erhebt sich bis auf 13 Zoll vom Boden des Kessels, und ist nach derselben Linie gewölbt, wie der Kesselboden selbst, läßt also für die Flamme des Feuerheerdes einen Durchgang von etwa $5^1/_4$ Quadratfuß (etwa $^1/_{10}$ der ganzen erhitzten Kesselfläche). Der weitere Feuerraum von der gemauerten Brust bis ans Ende des Kesselbodens ist $4^1/_4$ Fuß weit, und 15 Zoll unter den Kanten, oder 25 Zoll unter dem Mittel des Bodens (Querschnitt = $7^1/_2$ Quadratfuß oder $^1/_{48}$ der geheizten Fläche). Die Höhe der Seitenflächen des Kessels, welche von dem äußern Zuge bestrichen werden, ist 46 Zoll ($^7/_{10}$ der Weite des Kessels); die Weite zwischen denselben und der Ziegelwand ist 14 Zoll; der Querschnitt $4^1/_4$ Quadratfuß ($^1/_{15}$ der erhitzten Fläche). Die Höhe der äußern Züge im Mauerwerk ist 49 Zoll, weil der Zug noch 3 Zoll unter der Auflage des Kessels niedergeht, damit sich in diesem tiefern Raume die mit dem Luftzuge fortgeführte Asche anhäufen kann, ohne sich an die Seitenflächen des Kessels anzulegen. Die obere Linie der erhitzten Seitenfläche liegt mit der Oberplatte des innern Kanals im gleichen Niveau, und das Wasser

steht also ebenfalls 11 Zoll über jener Linie. Nachdem Flamme und heiße Luft unter dem Boden hingestrichen sind, treten sie am hintern Ende des Kessels in den mittlern Kanal, gehen durch diesen bis an das vordere Ende, wo sich der Zug theilt, und die eine Hälfte desselben an der einen, die andere Hälfte an der andern Seite des Kessels zurückgeht, wo sie sich wieder in einem gemeinschaftlichen Zuge einigen, der zu der Esse führt, die einen Querschnitt von 4 Quadratfuß und 80 Fuß Höhe hat. — Ein solcher Dampfkessel, wie der abgebildete, kann ungefähr 30 Pfund Dampf in der Minute liefern und gehört zu einer Dampfmaschine von etwa 30 Pferdekräften. Wird ein größerer Bedarf verlangt, so müssen zwei und mehre Kessel angelegt werden, z. B. zwei Kessel, jeder von 20 Pferdekräften, für eine Maschine von 40 Pferdekräften; für eine Maschine von 60 Pferden zwei Kessel zu 30 Pferden; ein dritter Kessel derselben Dimension soll für die vorfallenden Reparaturen in Reserve gehalten werden. Die Kessel werden unmittelbar neben einander eingemauert.

Soll der Dampf eine höhere Spannung haben, als 80° R., so kann ein solcher viereckiger Kessel nicht angewendet werden, weil er dann nicht Stärke genug hat, und wenn er diese erhalten sollte, seine Wände zu dick werden würden. Man wendet in diesem Falle immer cylindrische Kessel an, indem dieselben für gleiche Dicke der von innen wirkenden Expansivkraft einen gleich bleibenden Widerstand entgegensetzen, indem keine Verbiegung der Wände erfolgt, vielmehr die cylindrische Form durch den innern auf alle Punkte gleichen Druck, noch besser erhalten wird.

Die Fig. 1, 2 und 3, Taf. XV, stellen die Anlage eines solchen Kessels, und zwar Fig. 1 im Querdurchschnitt, Fig. 2 im Längendurchschnitt und Fig. 3 im Grundrisse vor. Der Feuerzug erfolgt, wie die Pfeile andeuten, rings um den Kessel, wie in Fig. 3, daher diese Theile einer weitern Erklärung nicht bedürfen. S ist das Dampfrohr. Der Luftzutritt unter dem Rost erfolgt hier durch die mit einem Register versehene Aschenfall-Thür C. Hinter dem Rost und seiner Breite nach ist eine Oeffnung E, welche durch den Schieber k i mehr und weniger geöffnet und geschlossen werden kann und in welcher sich die Cinders, d. h. die Schlacken von den Steinkohlen, ansammeln. Indem der heiße Rauch über diese Oeffnung hinzieht, begegnet er der durch die glühenden Kohlen aus dem Aschenheerde streichenden heißen Luft und verbrennt. Stößt man den Schieber hinein, so fallen die Cinders in den Aschenfall. An der Heizthür B werden die Kohlen aufgehäuft, damit sie hier die Oeffnung zum Theil verschließen, austrocknen und allmählig auf den Rost niederfallen. Wir kommen auf die Einrichtung der Feuerheerde weiter unten zurück.

Man giebt diesen Kesseln höchstens einen Durchmesser von 5 Fuß und dann einen 5 Fuß langen Rost. Für eine größere Dampfmenge setzt man zwei oder mehre solcher Kessel neben einander, läßt aber dann die Züge weg und den Cylinder in gerader Linie auf die zehnfache Länge des Rostes auslaufen, also für einen Rost von 4 Fuß auf etwa 40 Fuß Länge, so daß der Rauch unter dem Cylinder hinstreicht, wie in Fig. 3, und am hintern Ende in den Rauchfang tritt.

Ehe wir jedoch noch Einiges über mehre Abänderungen cylindrischer Kessel sagen, müssen wir zuvörderst einige Be-

Digitized by Google

merkungen über den Dampfraum in den Kesseln machen, d. h. über den Raum, den der Dampf über dem Kessel einnimmt und der als ein Dampfbehälter anzusehen ist, aus dem der Dampf in den Cylinder der Maschine strömt. Es verdient nämlich die Größe des Dampfraums eine Berücksichtigung für folgende Fälle:

1) In Beziehung auf die Vermehrung der Spannung, welche der Dampf im Kessel durch die zeitweise Unterbrechung des Dampfabflusses erlangt. Wenn z. B. der Kessel in der Secunde 10 Kubikfuß Dampf entwickelt, der Dampfcylinder 20 Kubikfuß enthält und der Kolben sich durch denselben ebenfalls in einer Secunde bewegt, der Dampfzutritt aus dem Kessel aber geschlossen wird, nachdem der Cylinder gefüllt ist (damit der übrige Raum, wie wir schon sahen und weiter unten noch näher sehen werden, durch Expansion ausgefüllt werde); so strömt aus dem Dampfkessel für die nächste halbe Secunde kein Dampf ab; er häuft sich also für diese Zeit in dem Kessel an, und verursacht in demselben eine höhere Spannung. Es tritt dieser Fall besonders bei den einfach wirkenden Maschinen ein, bei denen während eines Auf- und Niederganges des Kolbens, der Cylinder nur einmal gefüllt wird, folglich der Dampf im Kessel abwechselnd während der zu einem Kolbenhube gehörenden Zeit abgeschlossen ist. — Diese bedeutend veränderliche Spannung wäre nicht nur dem Kessel nachtheilig, sondern würde auch eine unnöthige Vermehrung der Stärke desselben veranlassen. Man vergrößert daher lieber den Dampfraum so weit, daß die Schwankungen der Elasticität nicht merklich werden, welches der Fall ist, wenn man dem Dampfraum eine fünfzehnfache Kapacität des Cylinders giebt.

Für doppelt wirkende Dampfmaschinen, bei denen ein beinahe ununterbrochenes Ausströmen des Dampfes zum Cylinder stattfindet, ist ein so bedeutender Dampfraum nicht nöthig, wenn sie nicht mit Expansion wirken, in welchem Fall man dieselben Grundsätze, als bei den einfach wirkenden Maschinen anwenden kann.

Auch die mögliche Ungleichförmigkeit in der Feuerung macht eine Vermehrung des Dampfraumes nöthig, wobei übrigens ebenfalls die angegebene Größe des Dampfraumes hinreicht, besonders da man gewöhnlich mehre (noch zu erwähnende) Mittel anwendet, um die Gleichförmigkeit der Heitzung zu bewirken.

Endlich wird durch den Dampfraum auch das Uebertreiben von Wasser in den Cylinder der Maschine vermieden, indem sonst durch die mit Gewalt ausströmenden Dämpfe eine Menge Wasser mit fortgerissen wird, welches verloren geht und obendrein ein Hinderniß in der Maschine ist. — Bei Kesseln, die nur Dämpfe zur Heitzung, zu Siedeprozessen ꝛc. liefern, sind für 10 Kubikfuß verdampfende Fläche nur höchstens 3 Kubikfuß Dampfraum erforderlich.

Fernere Berücksichtigung in den Dampfkesseln verdient auch der Raum für das Wasser; denn da dasselbe in dem Maaße der Verdampfung immer wieder ersetzt werden muß, dieses Speisewasser aber in der Regel eine bedeutend geringere Temperatur, als das Wasser im Kessel hat, so würden die Schwankungen derselben bemerkbar werden, wenn der Zufluß in langen Zwischenzeiten erfolgte. Geschieht er aber, wie dieß bei den hierher gehörigen Einrichtungen der Fall ist, nur in kleinen Zwischenzeiten, so wird der Einfluß unbedeutend.

Ein nothwendiges Erforderniß ist es, die vom Feuer bestrichene Kesselfläche stets mit Wasser bedeckt zu halten, nach welcher Bedingung sich daher auch das Wasserquantum im Kessel richten muß; eine größere Menge ist nur für den Fall einer Unterbrechung des Zuflusses auf längere Zeit vortheilhaft. Es muß daher für eine genaue Regulirung des Wasserzuflusses, und dafür gesorgt werden, denselben von so hoher Temperatur als möglich, anzuwenden. Die Wassermenge kann in diesem Falle so gering sein, als es die Form des Kessels zuläßt. — Vortheilhaft ist eine bedeutende Wassermasse des Kessels in den Fällen, wo derselbe nicht für eine Maschine, sondern für Heitzung und Kokturen dient und dabei Dampf von höherer Spannung angewendet wird, wo wegen Mangel einer durch die Maschine bewegten Pumpe die regelmäßige Nachfüllung des Wassers weniger sicher ist. In diesem Falle sind einfache cylindrische, oder auch runde Kessel vorzuziehen.

Der Zweck, bei verminderter Wassermasse des Kessels eine hinreichend große verdampfende Fläche zu gewinnen (was besonders bei Dampfschiffen und Dampfwagen wichtig ist), hat verschiedene Abänderungen der Dampfkessel veranlaßt, die aus den schon weiter oben angeführten Gründen nur mit der cylindrischen Form ausgeführt worden sind. Wir werden einige der wichtigsten Arten dieser Kessel weiter unten in dieser Abtheilung, bei den Dampfschiffen und in der den Eisenbahnen gewidmeten Abtheilung dieses Theils, wenn wir von den Dampfwagen handeln, genauer kennen lernen; hier machen wir nur einige allgemeine Bemerkungen über dieselben.

Im Allgemeinen besteht die Einrichtung darin, daß der Feuerheerd im Innern des Kessels liegt. Es hat dieß zwar manche Nachtheile, z. B. zu leichte Abkühlung der äußern Kesseloberfläche, leichte Verbiegung des innern Heitzcylinders und leichtere Veranlassung zu Explosionen durch dieselben und endlich auch eine, durch die starke Ableitung der Wärme von dem, den Feuerheerd unmittelbar umgebenden Wasser, herbeigeführte, zu wenig lebhafte und unvollständige Verbrennung. Der letztere Uebelstand läßt sich entweder dadurch beseitigen, daß man den Feuerheerd mit feuerfesten Ziegeln umgiebt, oder daß man das Feuer mit einem Gebläse anfacht, oder den Zug durch eine Exhaustionspumpe, oder einen Ventilator, an dem Ende der Heitzröhre, verstärkt. Jedoch haben diese beiden letztern Mittel nur eine höchst beschränkte Anwendung, und werden bei den Dampfwagen kaum noch gebraucht. — Soll der Dampfkessel mit einer innern Heitzung versehen werden, was bei Dampfschiffen einen wesentlichen Vortheil hat, weil dabei kein Mauerwerk nöthig, und Feuersgefahr beseitigt wird; so ist es zweckmäßig, den innern Raum eines viereckigen Kessels mit viereckigen Heitz- und Rauchkanälen zu versehen, durch welche sich eine größere heitzbare Fläche gewinnen läßt und verhältnißmäßig weniger äußere Abkühlung stattfindet, während die viereckigen, durch die Kanten gesteiften Kanäle weniger von schädlichen Verbiegungen durch die Aenderung der Form zu leiden haben. Wir kommen bei den Dampfschiffen darauf zurück.

In Fig. 11, Taf. VII, ist ein besonders zweckmäßig eingerichteter Kessel mit inwendiger Feuerung, welcher in

Digitized by Google

Cornwall eine Dampfmaschine mit 70zölligem Cylinder treibt, abgebildet. Die Maschine dient zur Wasserhebung, wirkt einfach, gebraucht einen Dampf von etwa 30 Pfd. auf den Quadratzoll und ist der auf Taf. XXI abgebildeten Maschine ähnlich. Selbst wenn die Maschine die größte Wirkung thun muß, wo der Dampf nach ungefähr $^2/_3$ des Hubes durch Expansion wirken muß, kann dieser Kessel allein die verlangte Dampfmenge liefern, während sonst gewöhnlich zwei Kessel von solchen Dimensionen erforderlich sind. Bei voller Kraft macht die Maschine nämlich 9 Hübe, jeden von 9 Fuß, und übt etwa 180 Pferdekräfte aus. Die Größe der Rostfläche beträgt 28 Quadratfuß. a) Füllung aus Sägespänen und Asche; b) innere Feuerröhre; c) Speise- oder Vorwärmröhre. Die der Flamme oder der Hitze in den Zügen ausgesetzte Fläche verhält sich zu dem Wasserinhalte, im Vergleich mit einem Watt'schen Dampfkessel, beinahe wie 3 : 2.

Ueberall dann, wenn Dampf von hohem Druck erzeugt werden soll, ist es am zweckmäßigsten, Cylinder oder Röhren von um so geringerm Durchmesser anzuwenden, je größer der Druck des Dampfes werden soll. Röhren von geringem Durchmesser geben eine große Fläche bei geringem Wasserinhalte, und es kann ihnen, ohne ihre Wanddicke zu sehr zu vermehren, eine sehr bedeutende Stärke gegeben werden.

Als ein Beispiel, wie mehre dünnere Röhren zur Bildung eines Dampfkessels angewendet werden, dient der in der Fig. 3 und 4, Taf. XIII, dargestellte Woulfe'sche Kessel. Die 8 Röhren a a, Fig. 3, haben jede in der Mitte eine senkrechte Röhre; der größere Cylinder A ist an der untern Fläche mit 8 ähnlichen senkrechten Ansätzen oder Röhren versehen, in welche die einzelnen senkrechten Ansätze der Röhren a a eingeschoben und mit Eisenkitt wohl befestigt werden. Diese Röhrenverbindung liegt horizontal in dem Ofen, Fig. 4, welcher in der Mitte nach seiner Länge, oder in einer Ebene mit dem Längendurchschnitte der großen Röhre A, mit einer gemauerten Scheidewand versehen ist, welche sonach die Mitte der Röhren a a unterstützt, auch die Verbindung ihrer Ansätze und jene des Cylinders A vor der unmittelbaren Wirkung des Feuers schützt. Der Zug des auf dem Rost B brennenden Feuers geht zwischen den einzelnen Röhren 3 bis 7 hindurch, und durch die viereckige Oeffnung unter der achten Röhre tritt der Rauch hinter die Scheidewand in die hintere Abtheilung, durchstreicht auf dieselbe Art rückwärts die Röhren, und tritt bei der Röhre 1 in den Rauchfang. Der Cylinder A liegt unmittelbar auf dem dünnen Gewölbe und ragt nur mit etwa $^1/_8$ seiner obern Fläche aus dem Mauerwerk hervor. Die untern Röhren sind ganz, der Cylinder A zur Hälfte mit Wasser gefüllt, die übrige Hälfte dient als Dampfraum. Die Röhren dürfen jedoch nicht aus Gußeisen, sondern sie müssen aus Eisenblech bestehen. Die Scheiben an dem einen Ende der Röhren dienen zum Reinigen derselben.

Die Kessel der Dampfwagen enthalten an dem einen Ende den Heitzraum, und von diesem nach der Esse führen sehr viele enge Röhren, durch welche die heiße Luft und der Rauch allein dorthin gelangen kann und daher an vielen Punkten Wärme an das Wasser absetzen. Wir kommen darauf zurück.

Ueber die Temperaturen der größten Verdampfung bei Kupfer und Eisen, sind neuerlich von dem Franzosen Galy Cazalat und dem Engländer Maugham Versuche angestellt; sie haben gefunden, daß sie bei Eisen unter einer Erhitzung der Kesselfläche von 166,6° R. und bei Kupfer unter 157,7° R. stattfinde.

Die der freien Luft ausgesetzte Fläche ist bei Dampfkesseln möglichst zu vermindern, oder vor der Luft zu schützen, weil sonst eine nachtheilige Abkühlung stattfindet. Es muß daher die freiliegende Oberfläche des Kessels mit einer Decke, die aus schlecht leitenden Materien besteht, versehen werden. Am besten ist eine Bretterbekleidung, und mit einer solchen werden auch die Kessel der Dampfwagen umgeben. Gewöhnlich bedeckt man die Kessel mit einem leichten Mauerwerk und bringt unter dasselbe erst Asche oder andere schlecht leitende Materien.

Als Brennmaterial bei der Dampfkesselfeuerung dienen Steinkohlen, Braunkohlen, Torf, Holz, selten nur Koaks und Holzkohlen. Steinkohlen sind das wirksamste Brennmaterial und daher werden sie auch, wo sie zu nicht zu hohen Preisen zu erlangen sind, vorzugsweise angewendet und zwar in der Art, wie sie im Handel vorkommen, nämlich in groben Stücken, untermischt mit kleinen. Bei Steinkohlenbergwerken und in deren Nähe, werden die kleinen oder Gruskohlen, welche sonst keinen Werth haben, vorzugsweise angewendet. Gewöhnlich werden die Steinkohlen in Zwischenräumen von 10 zu 10 Minuten mit der Schaufel von dem Heitzer eingetragen, welche Art der Speisung aber viele Nachtheile mit sich führt. Es wird nämlich dadurch häufig der ganze Heitzraum abgekühlt, das Feuer ist ungleichförmig und bewirkt daher eine ungleiche Dampfproduction. Nach jedem Aufgeben wird eine bedeutende Quantität Rauch entwickelt, welche wenigstens die ganze Umgebung sehr belästigt; es geht eine Menge Brennmaterial verloren und außer der Nothwendigkeit einer häufigen Reinigung, muß ein sehr aufmerksamer Aufseher für das Feuern gehalten werden. Endlich übt der plötzliche Temperaturwechsel, theils durch Oxidation, theils durch Ausdehnung einen verderblichen Einfluß auf die Haltbarkeit der Dampfkessel aus.

Man hat sich daher seit längerer Zeit bemühet, durch ein immerwährend und gleichmäßig erfolgendes Aufgeben des Brennmaterials — durch eine selbstspeisende Feuerung — durch mechanische Mittel, diesen Nachtheilen entgegen zu wirken. In Frankreich wurde einer dieser Apparate mit sich drehendem Roste, schon vor längerer Zeit aufgestellt, und in England wurde diese Einrichtung 1822 bedeutend vervollkommnet. Statt eines abwechselnden Aufschüttens brachte man einen immerfort schüttenden Trichter an, von welchem die Kohle nach einem Zerkleinerungsapparate geführt wird; von hier fällt sie nicht auf einen beweglichen Rost, sondern auf einen Ventilator, welcher sie gehörig ausbreitet und auf einen festen Rost fallen läßt. Der Franzose Collier verbesserte diesen mechanischen Aufschütter (distributeur mécanique) dahin, daß man ihn als einen sehr vollkommenen Selbstaufschütter für Steinkohlenfeuerung erkennen muß (Annales des Mines, 1837, 2 de Livr. p. 341 etc., nebst Abbildung auf Taf. VI und VII und auszugsweis im polyt. Centralbl. 1837, Nr. 43).

Digitized by Google

Die Einrichtung ist kurz folgende: Der Aufschütter ist an der äußern Wand des Ofens angebracht; er besteht im Wesentlichen aus einem stets schüttenden Trichter, unter welchem zwei eiserne Brechcylinder liegen, und aus zwei kreisförmigen Verbreitern (projecteurs), die aneinander stoßen, in einer und derselben Horizontalebene liegen und sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen. In dem Maaß, als die Steinkohle durch den Trichter niedergeht, wird sie theils in kleine Stückchen, theils in Staub verwandelt, fällt in dem Raume, welcher zwischen den Axen beider Verbreiter liegt, auf den letztern, und wird von ihnen über den Heerd verbreitet. Diese Verbreiter bestehen aus einer geraden, konisch zulaufenden Muschel, mit 6 trapezoidischen Schaufeln, welche rechtwinklig gegen die Muschel stehen. Sie machen in der Minute etwa 200 Umgänge und wirken daher außerdem auch noch als Ventilatoren. Die Menge des aufzuschüttenden Brennmaterials kann leicht durch eine Stellschraube moderirt werden; außerdem macht der Rost eine schwingende Bewegung. Der ganze Apparat ist von Eisen und an einer großen Platte befestigt, welche auf Rädern läuft und gegen jedes Schürloch angeschoben werden kann, so daß es gar nicht nöthig ist, eine Feuereinrichtung erst besonders zur Anwendung des Apparates einzurichten.

Die Resultate dieses, in erwünschter Thätigkeit stehenden Apparates sind folgende: 1) die Wirkung des Feuers ist vollkommen gleichmäßig. 2) Fast alle Theile des Brennmaterials werden verzehrt. 3) Der oben aus der Esse entweichende Rauch gleicht dem, welcher gewöhnlich von Holzfeuerungen in den Wohnungen entweicht; er ist rein und röthlich und bietet keine von den Unbequemlichkeiten dar, welche bisher die Nähe einer Dampfmaschine so wenig wünschenswerth machten. 4) Man gebraucht ungefähr $^1/_{10}$ Brennmaterial weniger, als bei gewöhnlicher Feuerungsmethode. Es lassen sich mit Vortheil die an vielen Orten sehr wohlfeilen und in der Nähe der Steinkohlengruben oft ganz werthlosen Staub- oder Gruskohlen anwenden. 6) Der Rost wird von Zeit zu Zeit dadurch gereinigt, daß man, von dem Aschenfall aus, mit einer hakenförmig umgebogenen Stange unten gegen denselben klopft; es bleibt dann nur eine Schichte von etwa $1^1/_4$ Zoll Dicke im Brande. 7) Der Heitzung braucht nicht so viel Aufmerksamkeit gewidmet zu werden, sondern der damit beauftragte Arbeiter kann weit mehr auf die Maschine achten; der Heizer braucht auch weniger Geschick zu haben. 8) Der Apparat läßt sich bei jedem System von Maschinen ohne Weiteres anwenden.

Die Kosten des Apparats belaufen sich auf 250 bis 300 Thaler; zu seiner Bewegung ist ungefähr $^1/_2$ Pferdekraft erforderlich, welches Hinderniß reichlich durch die Vortheile ersetzt wird, die er gewährt.

Ehe wir nun zu der Betrachtung der übrigen Vorrichtungen an den Dampfkesseln übergehen, bemerken wir zuvörderst noch Einiges über die Anwendung der erhitzten Luft zu Dampfkesselfeuerungen, worüber im Jahr 1835 zu Mühlhausen im Elsaß genau beschrieben und abgebildet in Dingler's polyt. Journal, Bd. 65, S. 81 ꝛc. und auszugsweise im polyt. Centralblatt 1837, Nro. 30) sehr sorgfältige Versuche angestellt wurden. Es mag das hier Bemerkte überhaupt für das gelten, was über Speisung der Flammenofenfeuerungen mit erhitzter Luft bis jetzt gesagt werden kann. Gleich glänzende Resultate, wie bei hüttenmännischen Prozessen, können hier nicht erlangt werden, weil man bei Dampfkesselfeuerungen bereits unter Anwendung kalter Luft und mit zweckmäßig construirten Heerden nicht so weit hinter der Theorie zurückgeblieben ist, als dieß der Natur der Sache nach bei schachtförmigen Schmelzöfen der Fall ist. Der Theorie nach erzeugt nämlich 1 Kilogr. Steinkohlen beim Verbrennen soviel Wärme, als zur Verdampfung von 10 Kilogr. nöthig ist. Man ist aber durch gute Construction schon dahin gelangt, über 6, ja 7 Kilogr. Wasser durch 1 Kilogr. Steinkohle zu verdampfen; nähme man also dieselbe Vermehrung des Effects durch erhitzte Luft an, wie sie bei Hochöfen beobachtet wurde, um 50 Procent, so würde man hier die Theorie erreichen, was aber natürlich unmöglich ist. Je mangelhafter also vorher der Heerd eingerichtet, je schlechter die Qualität der Steinkohle war, desto größere Vortheile wird anscheinend die heiße Luft gewähren; im umgekehrten Falle aber weit geringere. Dieß muß bei Beurtheilung der Anwendung der erhitzten Luft bei Kesselfeuerungen wohl berücksichtigt werden.

Wir beschreiben einen der Apparate, mit denen die Versuche angestellt wurden. Der Dampfkessel versieht eine Färberei und ist ein 20′ langer, 5′ weiter Cylinder, von 3 Linien dickem Eisenblech, durch welchen zwei 15″ weite Circulationsröhren gehen. Der Rost ist 20 Quadratfuß groß und man kann auf demselben 4 Centner Steinkohlen in der Stunde verbrennen. Das Feuer streicht unter dem Kessel lang hin, in zwei Seitenkanälen zur Seite des Kessels wieder vor, darauf mittelst der erwähnten Röhren durch den Kessel hindurch und von da in die runde, 100′ hohe, unten 3′ und oben 2′ weite Esse. 30′ über dem Kessel sind zwei Wasserreservoire zu seiner Speisung angebracht. Das Niveau im Kessel wird durch einen Schwimmer regulirt. Der Zug mit kalter Luft ist sehr gut, die Flamme weiß, die Verbrennung der Kohle sehr vollständig. Ehe jedoch der aus dem Ofen entweichende Rauch in die Esse strömt, geht er durch die, vor der Esse, zwischen diesem und dem Kessel angebrachte, gemauerte Kammer für den Lufterhitzungsapparat, dessen Röhren er vor seinem Austritte von allen Seiten gehörig umspielt. Der Lufterhitzungsapparat ist folgendergestalt construirt: Auf dem Boden der erwähnten Kammer sind zwei Reihen heberförmig gekrümmter Röhren von Eisenblech aufgerichtet (im Ganzen sind 10—12 solcher Röhren vorhanden), so daß die beiden offenen Schenkel nach unten, die Krümmungen nach oben gerichtet sind. Die Oeffnungen der Schenkel gehen durch die, den Boden der Kammer bildende Eisenplatte hindurch und bilden daselbst natürlich vier Reihen; man theilt nun den Raum unterhalb der Eisenplatte durch zwei Scheidewände in drei Räume, nämlich zwei Seitenabtheilungen, in denen sich die äußern Schenkel jeder Röhrenreihe münden, und eine mittlere, in welcher die innern Schenkel beider Röhrenreihen sich öffnen. Die Abtheilungen communiciren nicht mit einander; die Seitenabtheilungen stehen mit der äußern Luft in Verbindung, die mittlere dagegen mit einem weiten Kanale, welcher unter der Kesselfeuerung hindurch bis unter den Rost führt. Ist der Kessel angefeuert und erwärmen sich die Röhren des Apparats, so wird natürlich äußere Luft

Digitized by Google

in die äußern Abtheilungen eintreten, durch die Röhren hindurch und so erhitzt auf dem angegebenen Wege zum Heerde strömen. Das Blech der Röhren ist $^1/_2$ Linie, nur am untern Theile, welcher die größte Hitze auszuhalten hat, 1 Linie stark. Dieser letztere Theil kann auch aus Gußeisen bestehen. Es versteht sich übrigens, daß die Einrichtung des Apparats überall leicht nach der Localität und dem erforderlichen Luftquantum verändert werden kann, wenn man nur das Prinzip beibehält. Die Feuerung muß so eingerichtet sein, daß sie auch nach Belieben, wie gewöhnlich, mit kalter Luft betrieben werden kann, im Falle der Erhitzungsapparat schadhaft wäre. — Mit diesem Apparat verdampften 2000 Kilogr. Steinkohlen, bei einer Temperatur der unter den Rost tretenden Luft von 100° C., 10600 Kilogr. Wasser, während bei kalter Luft dasselbe Kohlenquantum nur 10000 Kilogr. Wasser verdampfte. — Bei dem Lufterhitzungsapparat eines andern Dampfkessels ergab sich ein Ersparniß von 24 Procent zu Gunsten der erhitzten Luft; bei einer dritten Reihe von Versuchen fand man, daß, während man in einem Arbeitstage mit kalter Luft durchschnittlich 7072 Pfund Steinkohlen verbrauchte, diese Consumtion mit Luft von 130° C. nur 5395 Pfund betrug. — Obgleich nun die Anwendung der heißen Luft bei Dampfkessel-Feuerungen eben so wichtig, als vortheilhaft ist, so muß doch ein entschiedenes Urtheil darüber für jetzt noch aufgeschoben werden.

Wir wenden uns nun

5) zu der Betrachtung verschiedener Vorrichtungen an den Dampfkesseln. — Es gehören hierher: a) die regelmäßige Nachfüllung des Wassers, b) die Regulirung der Feuerung, c) die Sicherung gegen mögliche Zufälle durch zu große Spannung der Dämpfe.

a. Apparate zum Nachfüllen oder Speisen des Kessels. — Die Erhaltung der gehörigen Quantität und des erforderlichen Standes des Wassers im Kessel ist eben so wichtig, als daß das Feuer fortwährend die gleich große Fläche bestreiche, indem sich die Dampfmenge in demselben Verhältniß vermindert. Diese Nachfüllung des Speisewassers muß so gleichförmig als möglich geschehen.

Für Kessel mit niederm Druck, d. h. für solche, in denen die Spannung höchstens nur 4 Pfund auf 1 Quadratzoll beträgt, ist die einfachste und sicherste Vorrichtung ein in dem Kessel senkrecht stehendes Füllungs- oder Speiserohr, welches in der Fig. 1 und 2, Taf. XIV, mit E bezeichnet ist. Diese Röhre geht durch den Kesseldeckel, auf welchem sie mittelst Scheiben oder Flantschen, die angeschroben worden, dampfdicht befestigt ist. Das untere Ende ist häufig umgebogen, damit kein Dampf durch dasselbe aufsteigen kann. Der obere Theil endigt sich in einen Behälter, von der in der Fig. 1 angegebenen Einrichtung, in welchen das warme Wasser mittelst einer Pumpe nachgefüllt wird. Auf dem Boden dieses Behälters befindet sich ein konisches, nach oben sich öffnendes Ventil, das durch den Hebelarm e f mit einem Drahte verbunden ist. An dem Ende dieses, durch die Stopfbüchse g gehenden Drahtes ist der Stein oder sogenannte Schwimmer S befestigt, dessen Gewicht durch das am andern Ende des Hebels befindliche Gewicht so balancirt wird, daß er auf dem Wasser schwimmt, nämlich bis zu seiner obern Fläche in dasselbe eingetaucht ist. Dieser Stein muß im Verhältniß zur Oberfläche des Wassers so groß sein, daß er bei einer geringen Erniedrigung des Wasserstandes schon hinreichend wirkt. So wie nun die Wasserfläche und mit ihr der Stein etwas niedersinkt, so öffnet sich das Ventil in dem obern Behälter des Speiserohrs, und das Wasser tritt in den Kessel nach, bis durch das Steigen des Wasserstandes und des Steines das Ventil wieder geschlossen wird. Das durch die Speisepumpe in den Behälter gebrachte, überflüssige Wasser fließt durch eine am obern Theile desselben angebrachte Seitenröhre s, Fig. 2, wieder ab. Es folgt aus dieser Einrichtung, daß das Wasser in der Speiseröhre so hoch stehe, daß diese Wassersäule dem Druck des Dampfes gleich ist. Da das Wasser in dieser Röhre die Siedhitze hat, so entspricht dann die Säule von 3 engl. Fuß Höhe dem Druck von 1 Pfund engl. auf einen Kreiszoll, so daß also für einen Druck von 2 Pfunden jene Wasserhöhe 6 Fuß beträgt.

Bei Dampfkesseln, in welchen der Dampf nur einen geringen Druck ausübt, wie z. B. bei der Dampfheitzung, wobei er unmittelbar in die Heitzröhren abzieht, ist es hinreichend, seitwärts von dem Kessel ein etwas geräumiges offenes Gefäß anzubringen, dessen unterer Theil durch eine gehörig weite Röhre mit dem untern Theil des Kessels communicirt, und in welchen das Wasser (mittelst einer Schwimmkugel, die das Wasser aus einem höher stehenden, von dem abziehenden Rauche zu erhitzenden Behälter nach Bedarf ablaufen läßt) auf einer bestimmten Höhe erhalten wird.

Auf eine andere und selbst vorzüglichere Weise kann das Speiserohr mit einer Schwimmkugel versehen werden, wie dieß in Fig. 2, Taf. XV, vorgestellt ist. M ist die Speiseröhre, deren Behälter g durch die Röhre h mit warmem Wasser versehen wird, und die so hoch ist, als dem gewöhnlichen Drucke des Dampfes in dem Kessel entspricht; sie mündet sich unten in den Behälter d, welcher auf dem Deckel des Kessels befestigt und in dessen Boden das Ventil befindlich ist, das durch Steigen oder Sinken der Schwimmkugel a geschlossen oder geöffnet wird. Die Stange des Ventils geht in einer Stopfbüchse durch den Deckel des Behälters d, um die Bewegung derselben beobachten zu können. Die untere Fortsetzung der Speiseröhre ist die gekrümmte Röhre N, welche sich an dem, von der unmittelbaren Wirkung des Feuers am meisten entfernten Theile des Kessels öffnet, wo der Unterschied der Temperaturen des Speisewassers und jenes im Kessel minder groß ist. Die Schwimmkugel a ist aus zwei, aus starkem Kupferblech getriebenen und mit Schlagloth luftdicht zusammengelötheten Halbkugeln hergestellt. Bei Dampfkesseln mit niederm, die Atmosphäre gar nicht, oder nur wenig übertreffenden Druck, ist die Speiseröhre überflüssig, und der dann oben offene Behälter d ausreichend. Bei kleinen Dampfkesseln mit nur geringem Wasserzufluß und folglich nur dünner Speiseröhre, wird die Regulirung auch wohl mittelst eines, in jener Röhre befindlichen Hahnes bewirkt. Es liegt derselbe nämlich in dem Umdrehungspunkte eines doppelarmigen Hebels, und wird durch Steigen und Fallen eines, auf den einen Hebelarm wirkenden Schwimmers umgedreht, während sich an dem andern Hebelarm das Ausgleichungsgewicht befindet.

Digitized by Google

Bei Kesseln für höhern Druck des Dampfes müßte die Speiseröhre eine unbequeme Höhe erhalten und kann daher nicht angewendet werden, sondern das Wasser wird mittelst einer kleinen, durch die Maschine bewegten Druckpumpe, der Speisepumpe, eingepumpt, und um einen gleichförmigen Zufluß zu sichern, wird der in Fig. 5, Taf. XIII, dargestellte Apparat angewendet. H ist der Durchschnitt von einem Theil der obern Fläche des cylindrischen Kessels. Die beiden an derselben Stange befindlichen Ventile A und B sind von einem Gehäuse umschlossen, in welches die Röhren C und D einmünden. F ist die Schwimmkugel, deren Stand durch das Gewicht G gehörig balancirt ist. Durch die Röhre D wird von der Druckpumpe aus das Speisewasser eingetrieben. Sinkt der Wasserspiegel und öffnet sich daher das Ventil A, so tritt das ausgepumpte Wasser in den Kessel. Liefert die Pumpe mehr, als der Kessel verzehrt, so wird durch das Steigen der Schwimmkugel das Ventil A geschlossen und das Ventil B geöffnet, wodurch das durch die Pumpe überflüssig zugebrachte Wasser durch die Röhre C abfließt. Es giebt noch eine Menge anderer Speiseapparate, allein die beschriebenen erfüllen ihren Zweck so vollkommen, daß es überflüssig erscheinen würde, hier noch mehre zu beschreiben. Wir verweisen daher nur noch auf die, weiter unten angeführten Werke über Dampfkessel und Dampfmaschinen. Mehre der neuesten Apparate dieser Art, auch der vorzüglichen Speisepumpe des Baron Séguier's findet man beschrieben in Nro. 6 des polyt. Centralblatts von 1837.

Das Speisewasser muß, wie schon bemerkt, so warm wie möglich sein, und kann es daher nicht, wie bei den Hochdruckmaschinen, welche keine Condensation haben, aus dem Warmwasserbehälter gewonnen werden, so ist es zweckmäßig, einen eigenen kleinen Kessel anzubringen, welcher durch den von dem großen kommenden Rauch erwärmt wird, und mit diesem durch eine Röhre und mittelst eines Apparates mit Hähnen in Verbindung steht. Die Griffe der beiden Hähne sind nämlich gegen die Durchbohrung so gestellt, daß sie dieselbe Lage haben, oder sich parallel sind, wenn der untere Hahn offen und der obere geschlossen ist, oder umgekehrt. Werden nun beide Griffe durch denselben Zug aufwärts bewegt, so ist der obere Hahn geöffnet und der untere geschlossen; der Zwischenraum füllt sich also mit heißem Wasser aus dem kleinen Kessel. Bewegen sich dagegen beide Griffe durch den niederwärts gehenden Zug abwärts, so schließt sich der obere Hahn, der untere öffnet sich, und das Wasser fällt in den großen Kessel.

Um den Stand des Wassers in dem Kessel wahrzunehmen und hiernach beurtheilen zu können, ob nicht eine Unregelmäßigkeit in der Wirkung des Speiseapparates vorhanden ist, dienen die in Fig. 1, Taf. XIV, mit Z bezeichneten zwei Hähne (gauge cocks), beide mit abwärts gehender Röhre versehen, deren Stellung an dem Kessel übrigens gleichgültig ist. Die Röhre des einen Hahns (des Wasserhahns) taucht mit dem untern Ende einige Zoll tief in die Oberfläche des Wassers; die Röhre des andern (des Dampfhahns) öffnet sich etwas über der Wasserfläche. Hat also das Wasser seinen gehörigen Stand, so strömt aus dem einen Wasser, aus dem andern Dampf; steht das Wasser zu tief, aus beiden Dampf, und wenn es zu hoch steht, aus beiden Wasser. Bei Kesseln mit niederm Drucke kann der Wasserstand auch durch eine communicirende Glasröhre angezeigt werden.

Außerdem wendet man auch zur Signalisirung des zu niedrigen Wasserstandes verschiedene andere Mittel an, z. B. eine am Ende einer Sicherheitsröhre befestigte Pfeife, welche durch den ausströmenden Dampf einen hinreichend lauten Ton angiebt, folglich anzeigt, daß die untere Oeffnung des Sicherheitsrohrs nicht mehr im Wasser steht. Statt des letztern kann auch ein Schwimmer angebracht werden, welcher ein kleines Ventil, das eine kurze Röhre, an deren Ende die Pfeife angebracht ist, von unten verschließt, in dem Falle öffnet, wenn der Wasserstand unter ein gewisses Niveau fällt. Statt der Pfeife kann auch eine Glocke so angebracht werden, daß sie ertönt, wenn das Niveau gesunken ist. Solche Mittel können wohl nebenbei angebracht werden, dürfen aber nicht zur alleinigen Richtschnur des Arbeiters dienen.

Das zur Speisung des Kessels verwendete Wasser ist nur selten rein, sondern enthält mehr oder weniger schwefel- und kohlensauren Kalk, zuweilen auch Kochsalz, Glaubersalz ꝛc., welche sich auf den Boden des Kessels als eine steinartige Rinde (Pfannenstein) absetzen. Die Bildung desselben muß möglichst verhütet werden, weil er nicht nur die Erhitzung des Wassers bedeutend erschwert, sondern auch der Kesselboden da, wo das Feuer anschlägt, in kurzer Zeit zerstört wird, indem hier die Metallfläche eine weit höhere Temperatur annimmt, als wenn sie unmittelbar von dem Wasser berührt würde. Zur Verminderung des Pfanneysteins dienen folgende Mittel.

1) Man läßt die Mündung der Speiseröhre in den hintern, von dem Heerde entferntesten Theil des Kessels anlaufen, und versieht denselben, wie Fig. 2, Taf. XV, zeigt, mit einer Scheidewand o, wodurch der Bodensatz größtentheils in dieser, von dem Angriff des Feuers entferntern Abtheilung zurückgehalten wird, die dann auch mit ihrem eigenen Ablaßhahn versehen sein muß. Bei langen Kesseln ist diese Einrichtung so wirksam, daß jedes andere Mittel zur Verhinderung des Pfannensteins unnöthig ist.

2) Man bringt über dem Boden des Kessels, in einer Entfernung von 2—3 Zoll von dem höchsten Punkte desselben, wenn er einwärts gewölbt ist, eine flache eiserne Pfanne mit 3 bis 4 Zoll hohen Wänden an (die, wenn der Kessel cylindrisch ist, die gleiche Form hat, und mit dem Boden in jenem Abstande parallel läuft), beinahe so breit und lang, als der Kessel, die auf dem Kesselboden mittelst eiserner Füße ruht. In dieser Pfanne sammelt sich der Niederschlag, und kann daher die über dem Feuer liegende Fläche gar nicht, oder wenigstens nicht bedeutend überziehen.

3) Das gewöhnlichste Mittel, um die Festsetzung des Niederschlags an dem Kesselboden zu verhindern, besteht darin, daß man einige gekochte oder zerquetschte Kartoffeln, oder die Abfälle auf den Malzböden, unbrauchbares Mehl, ferner Pulver von Holzkohle, oder zerpulverten Thon auf den Kesselboden wirft. Die schleimigen Eigenschaften, die dadurch dem Wasser mitgetheilt werden, hindern das Niederfallen der in dem Wasser enthaltenen festen Theile.

4) Endlich muß das Wasser von Zeit zu Zeit abgelassen und der Kessel auch in längern Zwischenräumen gereinigt werden.

Digitized by Google

Dampfboote, die auf dem Meere fahren, und deren Kessel mit Wasser gespeist werden, welches 3 Procent Salze und auch etwas Gyps enthält, sind dem Uebel auch unterworfen. Um es möglichst zu vermeiden, läßt man immer eine Quantität des heißen Wassers aus dem Kessel ablaufen, so daß das in demselben befindliche einen gewissen Grad der Sättigung nie überschreiten kann.

b. Regulirung des Feuers. — Die Dampfmenge hängt bei gleicher Kesselfläche von der Stärke des Feuers ab, weshalb dessen Regulirung ebenfalls große Sorgfalt verdient. Außer einem sehr gleichförmigen Schüren, am besten durch mechanische Mittel, dient dazu, wie in allen ähnlichen Fällen, ein Register, welches den Luftzug mehr oder weniger absperrt. Damit der Maschinenwärter oder Schürer die Vermehrung oder Verminderung der Stärke des Dampfes beobachten könne, dient das Quecksilbervisir (Steam-gauge), welches auf Fig. 1, Taf. XIV, mit G bezeichnet ist. Es besteht aus einer eisernen ab- und aufwärts gebogenen oder zweischenkligen, mit Quecksilber gefüllten, gleich weiten Röhre, welche mit einer Scala versehen ist, die den Stand des Quecksilbers angiebt. In der niederwärts gehenden Röhre drückt der Dampf auf das Quecksilber und hebt dieses in der aufsteigenden Röhre so weit in die Höhe, bis der Ueberschuß dieser Höhe über jene, welche es noch in der ersten Röhre einnimmt, dem Druck des Dampfes gleich ist. Der unterste Punkt der Scale ist jener, wenn das Quecksilber in beiden Schenkeln gleich steht, also der Druck der Luft im Kessel jenem der atmosphärischen gleich ist. Von diesem Punkte aus trägt man auf der Scale halbe Zolle auf, von denen dann jeder einen Zoll Quecksilberhöhe und dessen Theile bezeichnet, oder einem Druck von 0,387 engl. Pfund auf den Kreiszoll, oder von 0,49 Pfund auf den engl. Quadratzoll entspricht. Giebt man jedem Theil der Scale 1,3 engl. Zoll und theilt diesen Raum wieder in 10 gleiche Theile, so giebt die Scale unmittelbar den Druck des Dampfes in Pfunden und Zehntelpfunden auf einen Kreiszoll an.

Auch das Thermometer ist ein sicheres Mittel, die Spannung des Dampfes im Kessel zu beobachten, besonders in den Fällen, wo das Quecksilbervisir wegen der hohen Spannung des Dampfes eine zu große Länge erhalten müßte; denn sobald man die Temperatur des Dampfes im Kessel kennt, so kennt man auch aus der, weiter oben bei den Eigenschaften des Dampfes mitgetheilten Tabelle, die Spannung desselben. Man befestigt das Thermometer mittelst einer Stopfbüchse in dem Kesseldeckel, und schützt die Kugel desselben mit einer durchbrochenen Halbkugel von Blech, die Röhre außerhalb des Glascylinders aber mit einem oberhalb geschlossenen, gläsernen Cylinder. — Außerdem kann auch noch ein Manometer angewendet werden, in welchem der Druck des Dampfes durch die Zusammendrückung der Luft angegeben wird, indem der Raum, in welchen die Luft zusammengepreßt wird, umgekehrt dem Druck proportional ist. Man benutzt mehre Vorrichtungen dieser Art, von denen einige der neuern und bessern im polyt. Centralbl. 1836, S. 1006 und 1837, S. 81, beschrieben sind, worauf und auf die citirten Werke über Dampfmaschinen wir verweisen müssen, da es uns hier zu weit führen würde, auch nur die wichtigern Manometer zu verdeutlichen.

Die Register zur Regulirung des Luftzuges sind Schieber, wie D, Fig. 1, Taf. XIV, welche entweder an der Stelle, wo die Züge des Kesselheerdes in den Rauchfang treten (in dem Rauchkanal), oder in dem Kanal, welcher die Luft unter den Rost führt (dem Luftkanale), angebracht werden. Letztere verdienen den Vorzug vor erstern. Denn 1) durch die plötzliche Verminderung des Querschnittes beim Eintritte des Zuges in den Rauchfang werden Hitze und Druck im Feuerraume vermehrt, und der Rauch strömt mit gleicher Hitze aus, was vermieden werden soll; 2) durch die Schließung des Rauchkanals kann sich in den Zügen des Heerdes Wasserstoffgas anhäufen und eine Explosion herbeiführen; 3) eine plötzliche Schließung des Rauchkanals, zumal bei starkem Zuge, kann durch die plötzliche Unterbrechung der Geschwindigkeit einen Rückstoß (nach Art der Wirkung des hydraulischen Widders) erzeugen, wobei ein plötzlicher Druck hervorgebracht und dadurch Beschädigung des Kessels herbeigeführt werden kann. Die Schließung des Luftkanals ist dagegen von diesen Nachtheilen frei, und erfüllt vollkommen den Zweck, da die Bewegung der heißen Luft aus den Zügen in den Rauchfang in dem Maaße von selbst aufhört, als der Zutritt der Luft in dem Feuerheerd abgesperrt ist.

Die Art und Weise, wie sich das Register von selbst regulirt (self-acting damper), ist in Fig. 1, Taf. XIV, angegeben. In dem Speiserohr E befindet sich ein hohler, gußeiserner Schwimmer, welcher an der, über die Rollen i k laufenden Kette hängt, die mit dem Schieber D verbunden ist. Dieser ist groß genug, den Rauchkanal gänzlich zu verschließen und bewegt sich mit so wenig Reibung als möglich in einem senkrechten Rahmen. Das Speiserohr, in welchem sich der Schwimmer bewegt, ist an diesem Theile weiter, damit um den letztern herum hinreichend Raum zum Durchfluß des Speisewassers bleibt; sein Gewicht ist durch Ausgießen mit Blei so regulirt, daß es das Gewicht und die Reibung des Registers und der Ketten gerade überwindet, folglich auf dem Boden dieses Theils von dem Speiserohr aufsitzt, und das Register sonach völlig aufgezogen ist, wenn noch kein Feuer unter dem Kessel ist, wonach dann auch die Länge der Kette abgemessen wird. So wie nun Feuer unter den Kessel kommt, und sich dieser mit Dampf füllt, treibt letzterer vermöge seiner Spannung das Wasser in der Speiseröhre in die Höhe und dadurch den Schwimmer, wodurch der Schieber in dem Rauchkanale in dem Verhältniß jener Wassersäule niedersinkt und den Kanal mehr oder weniger verschließt, und so umgekehrt, wenn das Wasser in der Speiseröhre sinkt.

c. Sicherheitsmaaßregeln. — Ein höchst wichtiger Gegenstand bei der Anwendung von Dampfmaschinen sind die zu nehmenden Sicherheitsmaaßregeln, indem die Erfahrung gelehrt hat, daß die größte Vorsicht kaum hinreicht, Explosionen zu vermeiden, nicht aber, sie unmöglich zu machen. Wirkliche gewaltsame Zerstörungen können eigentlich nicht leicht bei andern als bei Hochdruckmaschinen stattfinden, indem bei Dampf von niederm Druck die Spannung den atmosphärischen Druck nur um wenige Pfunde übersteigt; im Augenblick der Explosion stehen aber alle Dämpfe unter hohem Druck. Der den Explosionen am meisten, ja allein unterworfene Theil ist der Kessel, weil der Cylinder, so wie alle übrige betreffenden Stücke verhältnißmäßig viel

Digitized by Google

stärker gemacht werden können und der Druck in ihnen auf weit kleinere Flächen wirkt als im Kessel.

Alle Ursachen der Explosionen sind noch nicht völlig ergründet, wohl aber die hauptsächlichsten und gewöhnlichsten, die Herr Galy Cazalat in seinem weiter unten näher angeführten Werke „über die Dampfböte" (polyt. Centralblatt 1837, Nr. 41) folgender Maaßen classificirt:

A. Explosionen durch allmählig gesteigerte Dampfspannung, welche nach und nach größer wird, als der Widerstand der Kesselwände. 1) Die Sicherheitsventile sind durch zu große Belastung oder durch eingetretene Adhäsion geschlossen. — 2) Der ausströmende Dampf öffnet die Sicherheitsventile nicht genügend, sondern setzt sie nur in Oscillationen. — 3) Die schmelzbaren Scheiben befinden sich, wie fast immer, in einer geringeren Temperatur, als die der untern Kesseltheile und des bewegenden Dampfes. — 4) Die schmelzbaren Scheiben sind nicht genau auf einen Schmelzpunkt eingerichtet. — 5) Der Widerstand der Wände ist durch eine ungleichförmige Ausdehnung zweier benachbarten Theile geringer geworden. Dieß kann eine Folge davon sein, daß das Feuer gegen den Kesselboden schlägt und denselben, namentlich wenn er mit einem Kesselstein belegt ist, durchbrennt; oder es kann dadurch hervorgebracht worden sein, daß das Metall in Folge des lebhaften Feuers dünner geworden ist, namentlich wenn es anfänglich sehr stark war, um einer bedeutenden Dampfspannung zu widerstehen.

B. Plötzliche Explosion, durch augenblicklich erzeugte, zu große Dampfspannung, welche gegen die ungleich erwärmte Kesselfläche eben so wie ein Stoß wirkt. 1) Das Wasser ohne beigemischte Luft und ohne nachtheilige Strömung erhebt sich, ohne zu verdampfen, bis zu einer Temperatur, welche fast gleich oder höher ist, als die Temperatur, welche dem Dampf eine höhere Spannkraft giebt, als die Kesselwände zu ertragen vermögen. Ist das Wasser so überhitzt, so stört ein Zuwachs an Wärme oder eine Veränderung des Drucks das Gleichgewicht der Verdampfung, und es bildet sich Dampf von so hoher Spannung gleichzeitig in der ganzen Masse. — 2) Wenn das Wasser im Kessel zu tief gefallen ist, so tritt eine zu starke Erhitzung der obern Kesseltheile ein, das siedende oder über den Siedpunkt erhitzte Wasser wird gegen die erhitzten Kesselwände geschleudert und verdampft plötzlich in großen Quantitäten. — Ein Stoß, die Verminderung einer früher erfolgten Geschwindigkeit, eine Woge, oder irgend eine andere mechanische Einwirkung auf die Bewegung der Oberfläche des Wassers im Kessel kann bei sich bewegenden Dampfmaschinen Veranlassung werden, daß das Wasser gegen die Kesselwände spritzt. Eben so kann eine plötzliche Verminderung der Dampfmenge im Kessel bewirken, daß sich plötzlich viel Dampf aus der Flüssigkeit entbindet und dabei das Wasser zum Aufsteigen und Aufschäumen im Kessel nöthigt. — Eine solche Verminderung der Dampfmenge im Kessel kann aber Folge eines unerwarteten plötzlichen Ausströmens der Dämpfe, oder einer gesteigerten Verwendung derselben sein. — 3) Wenn der Kesselboden mit einem Niederschlage belegt ist, der die Wärme schlecht leitet, so erhitzen sich die Kesselwände bedeutend stärker, als sonst erfolgen würde, und der Niederschlag selbst erhält einen größern Hitzgrad, als das darüber befindliche Wasser.

Eine Verminderung des Druckes, ein stärkeres Anschlagen der Flamme, oder eine andere Steigerung der Temperatur kann die unterste Schicht so erhitzen, daß das darin enthaltene Wasser plötzlich verdampft, der Pfannenstein wird erhoben, theilt dem umgebenden Wasser die größere Hitze mit und erlaubt ihm zugleich, mit der glühenden Metallfläche in Berührung zu kommen, die von der Bedeckung des Kesselsteins entblößt ist.

C. Kessel in die Atmosphäre geschleudert. 1) Wenn die Wandfläche des Kessels, gegen welche das Feuer am stärksten wirkt, mit einer starken Kruste überzogen ist, so kann irgend eine Ursache eine Trennung der Kruste am Kessel bewirken; das dazwischen gekommene Wasser verdampft bei der ungemein hohen Temperatur plötzlich und wirft den Pfannenstein und das Wasser, ja den ganzen Kessel nach oben, wenigstens wird dieß für die Ursache solcher, freilich sehr einzeln dastehenden Ereignisse angesehen, bei denen der ganze Kessel empor geschleudert wurde. — Bei einer gewissen Temperatur muß allerdings, in Folge der verschiedenen Ausdehnung des Pfannensteins und der Metallfläche eine Trennung beider erfolgen und dadurch ein Theil des Wassers in unmittelbare Berührung mit der glühenden Metallfläche kommen; vielleicht ist es auch möglich, daß das Wasser unter Einwirkung des starken Drucks die erdige Kruste zu durchdringen vermag. — 2) In sehr seltnen Fällen könnte sich auch unter dem Kessel eine Quantität explodirbares Gas entwickeln, dessen Wirkung den Kessel emporschleudert. — 3) Wenn unter dem Pfannenstein ein Stück des Kesselbodens rothglühend wird und dann dem Dampfdrucke einen geringern Widerstand entgegensetzt, so kann sich der Dampf unten einen Ausweg bilden, und dann natürlich gegen den Kesseldeckel stärker pressen, als gegen den Kesselboden, wodurch ein Aufheben des Kessels nothwendig bewirkt wird.

D. Eindrückung des Kessels. Bei großen, mit ebenen Flächen versehenen Kesseln, welche kein nach Innen sich öffnendes Sicherheitsventil haben, kann sich durch Condensation der Dämpfe ein luftleerer Raum bilden, durch welchen der Atmosphärendruck rege gemacht wird, der so stark wirken kann, daß ihm die Kesselwände nicht gewachsen sind.

Die gegen die Explosionen der Dampfkessel zu treffenden Vorsichtsmaaßregeln sind folgende:

1) An und für sich schon, vor Allem die Wahl eines schicklichen Materials zum Kessel; Gußeisen sollte, wie schon weiter oben bemerkt, möglichst ganz vermieden werden, denn bei eintretenden Unfällen reißt Kupferblech langsam und gefahrlos auf, Eisenblech berstet schon schneller, Gußeisen wird aber in Stücken umher geschleudert.

2) Probiren des Kessels. Jeder Kessel sollte vor dem Gebrauche mittelst einer Wasserpresse probirt werden; ein eisenblecherner oder kupferner wenigstens auf das Dreifache, ein gußeiserner, oder die noch angewendeten Röhren aus diesem Material, auf das Fünf- bis Sechsfache desjenigen Druckes, mit welchem das Sicherheitsventil belastet wird. Dennoch sind die Kessel oder die deren Stelle vertretenden Röhrensysteme eher noch stärker, als eben nöthig, zu machen, damit nicht durch das Probiren selbst erst eine Schwächung entstehe. Bei Tellerventilen ist die Probe erst dann als gültig anzusehen, wenn das Wasser rings um dieselben herausdringt.

Digitized by Google

3) Sicherheitsventile (safety-valves, englisch). Dampfkessel mit niederem Druck und mit geringer Wandstärke müssen zweierlei Sicherheitsventile haben, ein inneres und ein äußeres. Das erstere hat den Zweck, eine Beschädigung des Kessels durch den Druck der Luft auf die äußere Fläche zu verhindern, wenn beim Nachlassen der Feuerung eine Verdichtung des Dampfs im Kessel erfolgt, in welchem Falle er zusammengedrückt werden kann. Dieses innere Sicherheitsventil ist ein kegelförmiges, sich nach dem Innern des Kessels zu öffnendes Ventil, an dem einen Ende eines Hebelarms sitzend, in dessen anderm Ende sich ein Gegengewicht befindet, welches das Ventil von innen an die Oeffnung mit einer Kraft andrückt, die etwa 3 Pfd. auf den Kreiszoll beträgt, so daß sich also dieß Ventil öffnet und der atmosphärischen Luft Zutritt in das Innere des Kessels gestattet, wenn der Druck des Dampfes in letzterem um so viel geringer wird, als jener der äußern Luft. Dieses Ventil wird gewöhnlich auf dem Deckel des Fahrlochs M, Fig. 1, Taf. XIV, angebracht, wie aus V ersichtlich ist. Bei Hochdruck-Dampfkesseln ist die Anbringung dieses innern Ventils überflüssig.

Das äußere Sicherheitsventil öffnet sich nach außen und ist entweder unmittelbar oder mttelst eines Hebelarms mit einem Gewichte beschwert, welches der Kreisfläche der durch die Ventilplatte verschlossenen Oeffnung, multiplicirt mit der höchsten Belastung des Ventils, gleich ist. Hat z. B. die Ventilöffnung einen Durchmesser von 3″ oder von 9 Kreiszollen und der Druck auf einen Kreiszoll, bei welchem sich das Ventil öffnen soll, betrage 4 Pfd., so ist die Belastung = 36 Pfund. Gewöhnlich, besonders bei den Kesseln der Hochdruckmaschinen, wirkt das Gewicht an dem Ende eines einarmigen Hebels, damit kein so großes Gewicht nöthig ist und man das Ventil leicht öffnen kann. Der Druck, auf welchen das Sicherheitsventil eingerichtet wird, ist für den Quadrat- oder Kreiszoll immer um einige Pfunde größer, als der höchste Druck des aus dem Kessel tretenden Dampfes. Man kann ihn um ein Drittel höher nehmen, als der gewöhnliche Druck des Dampfes sein soll und hiernach die Stärke des Kessels bestimmen.

Bei der Anlage dieses Sicherheitsventils, welches ohne Ausnahme auf allen Dampfkesseln angebracht wird und dessen richtiges Spiel für die Sicherheit von größter Wichtigkeit ist, hat man folgende Vorsichtsmaaßregeln zu beobachten:

a) Das Ventil muß mit einem Gehäuse umschlossen werden, damit die Belastung des Hebelarms nicht ohne Vorwissen des Werkmeisters vermehrt, oder wenn es, wie an einer Schnellwage zum Verschieben eingerichtet ist, nicht weiter hinausgeschoben werden kann. Eine Fortsetzung des Hebelarms außerhalb des Gehäuses dient dazu, das Ventil nach Belieben lüften zu können. Dieses Umschließen mit einem Gehäuse hat zugleich den Zweck, den nach Oeffnung des Ventils entweichenden Dampf durch ein Rohr in den Rauchfang abzuleiten. Eine solche Einrichtung ist in der Fig. 1, Taf. XIV in W angegeben. Die Röhre I leitet den Dampf ab. Auch ist es zweckmäßig, wenn an jedem Kessel zwei Ventile vorhanden sind und das eine davon dem Heitzer unzugänglich, das andere aber so eingerichtet ist, daß es dieser Arbeiter von seinem Standpunkte

aus, mittelst einer Schnur, leicht aufziehen kann. Zweckmäßiger ist es aber, ein einziges Sicherheisventil wohl zu erhalten und zu besorgen.

b) Das Ventil darf keinen hohen Kegel bilden, indem es sonst leicht rostet oder sich einleimt und seinen Dienst versagt. Die beste Neigung der konischen Seitenflächen beträgt 45° und es müssen dieselben im Verhältniß zum Durchmesser nur schmal sein. Ein großes Ventil wirkt daher immer sicherer und gestattet auch beim Gebrauch dem Dampf einen hinreichend weiten Ausgang. Die Größe der Oeffnung muß proportional der Dampfmenge sein, die ausströmen muß, damit die Spannung des Dampfes im Kessel konstant bleibt. Die Adhäsion des Randes der Ventilplatte wird am Vollkommensten vermieden, wenn man für dieselbe eine halbe oder selbst eine ganze Kugel wählt, die auf dem scharfen, oder nur wenig ausgedrehten Rande der Ventilöffnung aufliegt. Wir werden solche Kugelventile bei dem Dampfwagen näher kennen lernen. Die Ventile werden aus Messing oder Bronze gemacht.

c) Die Ventilöffnung darf durchaus nicht mit einer flachen Platte geschlossen werden, indem eine solche, wenn sie von dem Dampfe gehoben wird, sein stetes Ausströmen um so mehr hindert, jemehr ihre Fläche die der Oeffnung übertritt. Denn indem der Stoß des durch die Oeffnung strömenden und sich plötzlich ausdehnenden Dampfes, sich über die Fläche der sich lüftenden Platte verbreitet, wird er im Verhältniß der vergrößerten Fläche und der Ausdehnung des Dampfes vermindert, so daß die Platte auf und nieder oscillirt. — Uebrigens ist die Einrichtung der Sicherheitsventile sehr verschieden.

Außer dem Sicherheitsventil erfüllt ein Sicherheitsrohr denselben Zweck und zwar mit vollständiger Sicherheit. Für Kessel mit niederm Druck dient hierzu eine senkrechte, in das Wasser des Kessels tauchende und oben offene Röhre. Eine solche ist in Fig. 2, Taf. XIV, vorgestellt und nicht T W bezeichnet. Sie ist unten umgebogen, damit kein Dampf von der Bodenfläche des Kessels in dieselbe aufsteigen kann, und das untere Ende öffnet sich einige Zolle unter dem Wasser. Die Röhre U dient zum Abführen des heißen Wassers, wenn dieses etwa durch den stärker drückenden Dampf aus dem Kessel gehoben wird, und der obere Theil dieser Röhre V führt den Dampf ab, wenn dieser aus dem Kessel durch das Sicherheitsrohr tritt. In diesem Rohre hat bei dem gewöhnlichen Gange des Kessels das Wasser die dem Druck des Dampfes entsprechende Höhe, also für jedes Pfund Druck auf den Quadratzoll etwa 2½ Fuß Wasserhöhe, so daß für 4 Pfund Druck die Höhe etwas über 10 Fuß beträgt. Erlangt der Dampf im Kessel eine höhere Spannung, so treibt er das Wasser in die Höhe, wodurch der Schwimmer niedersinkt, und aus dem Speiserohr M kälteres Wasser nachfließt, wodurch der Kessel abgekühlt und das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Erfolgt das Nachtreten des Speisewassers nicht schnell genug, so strömt der Dampf durch das Sicherheitsrohr aus. Diese Vorrichtung leistet für Kessel mit niederm Druck vollkommene Sicherheit, bei solchen mit hohem Druck müßte aber die Wassersäule zu hoch sein; allein bei dieser dient zu demselben Zweck das schon oben erwähnte Queckfilber-Visir, welchem man nur die erfor-

Digitized by Google

derliche Länge und zum freien Ausströmen nöthige Weite geben muß.

4) Besonders zweckmäßig, wegen ihrer Unabhängigkeit von äußern Einflüssen, sind Scheiben von einer leichtflüssigen Metall-Legirung, welche in dem obern Theil des Kessels eingesetzt werden. Es sind deren zwei anzubringen; die erste, wenigstens von gleichem Durchmesser mit dem Sicherheitsventile, muß bei einem Hitzgrade schmelzen, welcher bei Dämpfen bis zu etwa 8 Atmosphären die der Spannung, auf welche die Stärke des Kessels geprüft worden, entsprechenden Temperatur um 8° R. übersteigt; die zweite, von dem doppelten Durchmesser der ersten, soll jenen, der Stärke des Kessels entsprechenden Hitzegrad um 16° R. übersteigen und mit dem einen Sicherheitsventile unter einerlei Verschluß stehen, weil sonst, wie aus der Erfahrung bekannt, die Arbeiter kaltes Wasser auf die Scheiben leiten, damit solche eine höhere Spannung aushalten können. Um zu verhüten, daß diese Platten nicht, nach begonnener Erweichung, eher durchgedrückt werden, bevor die Hitze den bestimmten Grad erreicht hat, darf man nur ein enges, hinlänglich starkes Drahtgewebe darüber befestigen.

Man hat gegen diese Scheiben eingewendet, daß sie, wenn sie geschmolzen seien, den gesammten Dampf aus dem Kessel entweichen lassen; daß dieser weder sogleich ersetzt, noch selbst durch die Oeffnung sogleich wieder verschlossen werden könne, und daß dieß vielleicht nur in Folge einer zeitweiligen, nöthig erscheinenden Steigerung der Hitze, in einem Augenblick geschehen könne, wo es die äußerste Gefahr bringe, wenn die Maschine zum Stillstande komme, z. B. bei Dampfschiffen beim Einlaufen in den Hafen oder dergleichen. — Diesem vorzubeugen, darf man nur die leicht flüssige Metallplatte unter derjenigen Oeffnung anbringen, in welcher das Sicherheitsventil spielt, letzteres aber für gewöhnlich offen erhalten. Ist diese Platte geschmolzen, herausgeworfen und das Uebermaaß von Dämpfen entströmt, so wird das Ventil geschlossen, welches, nebst der andern Platte, jedenfalls so lange hinlängliche Sicherheit gewährt, bis man über jenen kritischen Zeitpunkt hinweg zu einem ruhigern gelangt ist, in welchem man mit Bequemlichkeit eine neue Platte einsetzen kann.

Eine ähnliche Vorrichtung ist die, daß sich unter der fraglichen Scheibe ein Hahn befindet, welchen man, und somit die Oeffnung, sofort schließen kann, sobald die Scheibe geschmolzen und der Dampfüberschuß entwichen ist, welches einfache Mittel sich noch besser, und ohne die Maschine in Stillstand zu bringen, dazu eignet, eine neue Scheibe einsetzen zu können.

Endlich wird auch noch diesen Platten, wie überhaupt allen, sich mit einem Male öffnenden großen Sicherheitsventilen, der Einwurf gemacht, daß sie die Gefahr vermehrten, indem die plötzliche Aufhebung des Gegendrucks des Dampfes auf das Wasser, wie schon oben erwähnt, ein Aufwallen des letztern gegen die hocherhitzten Wände und dadurch eben erst eine übermäßige Dampfbildung hervorbringe u. s. w., weshalb ein allmähliges Dämpfen des Feuers durch Zugverminderung, Ablassen des heißen Kesselwassers, und gleichzeitiges Zupumpen von kaltem, langsames Abziehen der Dämpfe durch das Spiel der Maschine, das sicherste sei. — Dieser Weg mochte nun zwar sehr zuverlässig, für den Augenblick der Gefahr aber und deren eiligst erforderte Beseitigung ganz unzureichend sein; weil, wenn überhaupt die Arbeiter so viel Aufmerksamkeit besäßen, um denselben zeitig genug einschlagen zu können, wohl sehr selten eine Gefahr eintreten dürfte. Bevor daher die Richtigkeit jener Annahme und die Nähe der damit verbunden sein sollenden Gefahr sicherer dargethan ist, als bis jetzt, bleiben die obigen Maaßregeln in ihrem vollen Werthe und sehr empfehlungswürdig.

Nach den vom Ritter v. Reichenbach u. A. angestellten Versuchen und unter vergleichender Anwendung der Arago'schen Formel für die Dampfelasticitäten, läßt sich von den, den verschiedenen Dampfspannungen entsprechenden Metallmischungen folgende Reihe zusammenstellen.

Ein Gemisch von			schmilzt bei einem Atmosphärendruck von	welcher gleich kommt einer Temperatur von
Wismuth	Zinn	Blei		
5	3	1	1,00	100° C.
5	4	1	1,95	120 „
11	12	12	2,46	127,5 „
1	0	1	2,91	133,3 „
1	1	1	3,00	135,1 „
2	3	3	4,31	147,4 „
1	1	0	4,70	150,7 „
2	5	3	5,40	156,1 „
7	12	12	5,66	157,9 „
5	12	12	6,35	162,5 „
0	3	2	7,28	168 „
1	2	0	7,61	170 „
1	3	3	7,66	170,2 „
3	8	3	7,75	170,8 „
1	4	4	9,15	177,9 „
1	5	3	10,16	182,4 „
2	8	3	10,33	183,2 „
1	6	6	12,00	190,0 „

Man hat auch Blechscheiben vorgeschlagen, welche in die Kesselwand eingesetzt werden sollen und deren Stärke so berechnet ist, daß sie bei einer Spannung reißen — was alsdann, bei ihrer geringern Stärke und Fläche, ohne Gefahr geschieht — und den Dampf entweichen lassen; — sie stehen den Metallscheiben weit nach. — Aehnlich, aber zweckmäßiger ist bei hochgespannten Dämpfen die Anwendung des, von Perkins bei seinen Dampfmaschinen angebrachten, trommelartigen Gefäßes von Kupferblech, welches durch eine hinreichend starke Röhre mit dem Kessel verbunden ist, und bei einer höhern, als der berechneten Dampfspannung — bei Perkins bei 1000 Pf. pro Quadratzoll — ohne alle Explosion zerreißt.

5) Galy Cazalat's Apparat zum Verhüten von Explosionen der Dampfkessel. Derselbe ist in Folge eines Preises, den der Pariser Verein zur Beförderung des Nationalgewerbfleißes darauf gesetzt hatte, entstanden, und als sehr sinnreich und vorzüglich hier (nach Dinglr, Bd. 64, S. 241 ꝛc., auch polyt. Centralblatt,

Digitized by Google

1837, Nr. 42) mitzutheilen. Fig. 6, Taf. XIII, zeigt zu diesem Zweck einen Querdurchschnitt durch einen cylindrischen, mit zwei Schutzapparaten versehenen Kessel. A ist der Kessel, B der Heerd, C der Rost, D das Aschenloch. E ist eine senkrechte, an die beiden Kesselwände geschweißte Röhre, welche an ihrem obern und untern Ende offen ist, und in deren obern Theil über dem Niveau des Wassers zum Behufe des Eintritts von Dampf einige kleine Löcher gebohrt sind. Eine zweite ähnliche Röhre, F, hat mit der beschriebenen gleichen Zweck. G ist ein auf die Röhre E und F geschraubter Hahn und H ein kleiner Trichter, in den der aus leicht flüssigem Metall gebildete kegelförmige Pfropf a geworfen wird. Dieser Pfropf gelangt, mit seiner breiten Basis nach unten gerichtet, in das durch den Schlüssel des Hahns gebohrte Loch; dreht man denselben um, so kehrt sich der Pfropf auch um und fällt, indem er nunmehr seine dünnere Basis darbietet, in die Röhre E oder F, auf deren Boden er gelangt, indem er durch den, durch die Löcher a eintretenden Dampf dahin getrieben wird.

Die Explosionen der Kessel lassen sich verhüten, wenn man den heißesten Theil derselben stets weit unter jener Temperatur hält, die der Dampf haben muß, wenn er diejKraft erlangen soll, welche den direct gemessenen Widerstand der Wände übersteigt. So lange man nun aber die Heizoberfläche naß erhält, wird kein Theil der metallenen Wand, sie besäße denn eine sehr bedeutende Dicke oder das Feuer wäre sehr lebhaft, merklich heißer werden können, als das Wasser, und mithin auch nicht im Stande sein, dieses augenblicklich zu verflüchtigen. Sobald sich hingegen zwischen dem Wasser und dem Metalle auch nur eine dünne Schicht von Pfannenstein ansammelt, so erhitzt sich das Metall in hohem Grad und es kann eine Berstung eintreten. Dasselbe würde der Fall sein, wenn der Wasserstand unter die Heizoberfläche herabsänke. Der Apparat des Hrn. Galy Cazalat hilft diesen Nachtheilen ab. Es ist nämlich an dem Theil des Kessels, an welchem sich die Bodensätze bilden und der der stärksten Einwirkung des Feuers ausgesetzt ist, eine Oeffnung angebracht, der gegenüber sich in dem obern Theil des Kessels eine gleiche Oeffnung befindet. Diese beiden Oeffnungen sind luftdicht durch eine cylindrische Röhre E ausgefüllt, deren unteres Ende durch eine Schulter zurückgehalten, während sie durch einen, mit einem Trichter versehenen Hahn G, den man an das andere Ende schraubt und der gegen den Kessel drückt, nach Oben zugezogen wird. Die innere kegelförmig ausgedrehte Mündung dieser Röhre wird luftdicht mit dem aus leichtflüssigem Metall bestehenden Pfropfe b, dessen kleinere Basis nach abwärts gerichtet ist, verschlossen. Die auf diese Weise an beiden Enden verschlossene Röhre communicirt durch mehre kleine Löcher a, welche weit über dem Wasserstande angebracht sind, mit dem im Kessel befindlichen Dampfe. In dem Hahn befindet sich eine Höhlung, die einerseits verschlossen ist, andererseits aber offen steht, so daß man in dessen Inneres einen Pfropf von der angegebenen Art fallen lassen kann. Dem durch die Löcher a eingetretenen Dampfe ist demnach einerseits durch den Hahn und andererseits durch den Pfropf der Ausweg versperrt.

Gesetzt nun, die Temperatur der Kesselwand übersteige in Folge der Niederschläge, welche sich ansammelten, die Gränze, welche der Dampf nicht überschreiten darf, so wird der kegelförmige, in die Dicke des Metalles eingelassene Pfropf, der stets die Temperatur der Kesselwand erlangen wird, zu schmelzen beginnen, und in dem Augenblick, wo dieß stattfindet, wird er auch durch den Dampf ausgetrieben werden, so daß dieser nunmehr in den Heerd strömt und auf diesem die Verbrennung beinahe augenblicklich unterdrückt, indem er nicht nur das Brennmaterial auslöscht, sondern indem er durch seine Spannkraft zugleich auch die durch den Rost emporsteigende atmosphärische Luft zurücktreibt.

Das durch das Ausströmen des Dampfes entstehende Geräusch deutet an, daß sich Niederschläge im Kessel gebildet haben und daß eine Explosion nahe ist. Hat dieß Ausströmen eine Minute lang gedauert, so ist die Temperatur hinreichend gesunken und man kann, auf die weiter oben angegebene Weise, abermals einen schmelzbaren Pfropf einsetzen. Die cylindrischen Kessel müssen, wie Fig. 6 zeigt, mit zwei dergleichen Apparaten versehen sein; der eine unten am Kessel befindliche hat dann gegen die durch Niederschläge bedingten Explosionen, der andere hingegen, der in der Höhe des Wasserstandes angebracht ist, gegen die durch das Sinken desselben bedingten Gefahren zu schützen. Die Prüfung des Apparats durch eine Commission ergab, daß er seinen Zweck, Explosionen der Dampfkessel gänzlich zu beseitigen, vollkommen erfülle.

6. Die Speiseröhre und insbesondere die Speisepumpe bei Hochdruckmaschinen, sind stets im besten Zustande zu erhalten, damit nicht durch Hemmung des Zuflusses eine zu große Verminderung des Wassers im Kessel entsteht, welcher dann ein plötzlicher Einsturz einer Menge kalten Wassers folgt; obschon es daher nicht unzweckmäßig ist, so weit es die bestimmte niedrige Spannung der Dämpfe gestattet, als Sicherheitsventil ein mit Wasser gefülltes in den Kessel ausmündendes Rohr, so wie wir es weiter oben beschrieben haben, anzuwenden, so darf doch dazu nie das Speiserohr genommen werden.

7. Durch die Probehähne muß man sich von Zeit zu Zeit überzeugen, ob das Wasser noch gehörig hoch im Kessel steht; doch ist dabei nicht zu übersehen, daß, der Erfahrung nach, zuweilen beim Oeffnen des Wasserhahns selbst dann noch Wasser herausgekommen ist, wenn der Wasserspiegel im Kessel schon etwas unter der untern Mündung des Rohrs stand; — richtigere Anzeichen geben daher die Schwimmer, welche jedoch ebenfalls von allen Bewegungshindernissen frei erhalten werden müssen.

8. Auch das Manometer ist fortwährend genau im Auge zu behalten, um dem Gange und Grade der Dampferzeugung folgen und stets Sorge tragen zu lassen, daß es im guten Zustande bleibt. Es kann zwar in gewisser Hinsicht, wie schon bemerkt, ebenfalls als Sicherheitsrohr dienen, zu welchem Zwecke man nur oben an dem äußern, offenen Schenkel ein Gefäß anzubringen braucht, in welches der zu stark gespannte Dampf das Queckſilber hinausdrücken könnte, um sich einen Ausweg zu verschaffen, — indeß würde doch dieser Ausgang nie hinreichende Weite erhalten können, um Sicherheit zu geben, es auch in allen Fällen ganz unräthlich sein, das Manometer solchen Störungen auszusetzen.

9) Wenn die Maschine zum Stillstande kommt, muß das Feuer völlig ausgelöscht, und der Schieber im Schornsteine darf nicht eher geschlossen werden, wenn schon dieß

Digitized by Google

bei zeitweiligen Unterbrechungen eine übel angebrachte Sparsamkeit gern thut.

10) So weit als thunlich, sollen Dampfkessel nur außerhalb bewohnter Gebäude und Umgebungen angelegt werden, jedes Lokal, in welchem ein Dampfkessel aufgestellt ist, isolirt sein. Höchst zweckmäßig ist in dieser Hinsicht die in Frankreich gesetzlich bestehende Vorschrift: daß dieses Local wenigstens das 27fache des kubischen Kesselinhalts haben, so wie die in Preußen: daß der Raum für den Kessel, wenigstens an zwei freien Seiten, mit leichten Umfassungsmauern umgeben, und nur mit einem leichten Dache bedeckt, nicht überwölbt sein soll. Um dieses Local soll, nach erstern Vorschriften, gegen benachbarte Gebäude hin, in der Entfernung von 2 Meters (6¹/₂ rheinl. Fuß) von den Umfassungswänden eine 1 Meter (3¹/₁₀ Fuß) starke Schutzmauer gezogen, der bleibende freie Zwischenraum aber ja nicht mit Materialien u. dgl. erfüllt werden.

11) Die persönliche Sicherheit der bei einem Dampfkessel Beschäftigten anlangend, so mag für den schlimmsten Fall darauf geachtet werden, daß fast jeder aus dem Innern des Kessels entspringenden Explosion ein lebhaftes Rauschen des Wassers in selbigem voranzugehen pflegt, wo dann Jeder auf seine Rettung bedacht sein kann.

Am Schlusse dieses Abschnittes über die Dampfkessel verweisen wir noch auf folgende Schriften, in denen speciell von dem Gegenstande gehandelt wird, ohne die allgemeinen Werke über Dampfmaschinen zu erwähnen, die am Schlusse des von denselben handelnden Capitels aufgeführt werden: *Leblanc* recueil industriel, II. Tafel 15—18 und 35—36, enthalten sehr genaue Abbildungen von verschiedenen Dampfkesseln, nebst erklärendem Text. — Péclet über die Wärme ꝛc. II. S. 1—167. *Grouvelle et Jaunez*, Guide du Chauffeur des Machines à Vapeur etc. Paris 1830. Prechtl, Artikel Dampfkessel im 3. Bde der techn. Encyklopädie (hier hauptsächlich benutzt). Hauslexikon II. 429 ꝛc. (auch hin und wieder benutzt). *Galy Cazalat* Mémoire sur les bateaux à vapeur. Paris 1837, p. 100 etc. Arago über die Explosionen der Dampfmaschinen; Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, Bd. 18, S. 287 ꝛc., 415 ꝛc. Uebrigens enthalten das polyt. Journal von Dingler und das polyt. Centralblatt eine vollständige Aufzählung aller bei den Dampfkesseln und zu ihrer Sicherheit gemachten neuen Erfindungen und Verbesserungen, von denen manche sehr wichtig sind, die wir aber hier eben so wenig namentlich aufführen, als auch nur die wichtigern Resultate in diesem Werke aufnehmen können.

Ehe wir nun zu der Beschreibung der verschiedenen Systeme von Dampfmaschinen übergehen, reden wir erst von den Dämpfleitungen, die bei allen Maschinen zur Verbindung des Cylinders mit dem Kessel und auch da angewendet werden, wo der Dampf zur Heizung, zur Koktur ꝛc. benutzt wird.

Wenn der Durchmesser der Dampfleitungsröhren 1¹/₂" übertrifft, so bestehen sie gewöhnlich aus Gußeisen, welches für diesen Zweck die größte Dauer, und bei der Dicke, in welcher solche Röhren gegossen werden müssen, eine überflüssige Stärke hat. Außer dem Gußeisen wendet man auch Kupfer- und Eisenblech an, welche durch Schlagloth angefertigt werden. Bei Dämpfen von niederer Spannung wendet man auch weißblecherne Röhren an, die mit Zinn gelöthet werden. Ein sehr geeignetes Material ist das Kupferblech, welches auch für weite Röhren nur dünn zu sein braucht, wogegen solche Röhren mit einem sich nach einwärts öffnenden Ventil versehen sein müssen, damit, wenn sich die darin befindlichen Dämpfe verdichten, die äußere Luft sie nicht zusammendrückt. Es gilt dieß auch von den weißblechernen Röhren. Eisenblecherne Röhren sind hauptsächlich zu den, von der Hauptröhre ablaufenden Seitenzweigen brauchbar.

Der Durchmesser der Leitungsröhren soll nicht größer sein, als gerade nöthig ist, um den Dampf in der beabsichtigten Spannung und Menge durchströmen zu lassen. Bei zu weiten geht zu viel Hitze durch die Wände verloren, bei zu engen muß der Dampf im Kessel eine unnöthig vergrößerte Spannung erhalten, um die in einer bestimmten Zeit erforderliche Dampfmenge durch die Röhre zu treiben. — Gehen von der Hauptleitungsröhre mehre Seitenröhren ab, die sich in das Wasser mehrer Siedegefäße einsenken, so tritt der Dampf aus denselben nur dann mit gleicher Geschwindigkeit, oder in der dem Querschnitte einer jeden Röhre proportionalen Menge aus, wenn die von dem Dampf in den Röhren zu überwindende Wassersäule gleich groß ist. Da dieß aber selten der Fall sein kann, so wird der Eintritt des Dampfes durch einen, an jedem Rohr befindlichen Hahn regulirt. Sind nun die Flüssigkeitssäulen, in welche diese Röhren eintauchen, ungleich, und sie sollen zu gleicher Zeit mit Dampf versehen werden, so stellt man die Hähne so, daß sie dem Dampf einen um so kleineren Durchgang gestatten, je geringer die Flüssigkeitssäule ist.

Die dampfdichte Verbindung der Röhrenstücke, aus denen eine Leitung besteht, wird außer der Löthung bei kupfernen und weißblechernen Röhren auf folgende verschiedene Arten bewirkt. — Die Verbindung mittelst Scheiben, Kränzen oder Flantschen (s. Fig. 1 und 2, Taf. XIV) wird hauptsächlich bei gußeisernen Röhren angewendet, an denen an jedem Ende eine mit mehren Löchern zum Durchstecken der Schrauben versehene Scheibe vorhanden ist. Die Metallstärke des Kranzes oder der Scheibe beträgt etwa das Doppelte von der der Röhren selbst, damit sie besser gegen das Abspringen geschützt sind. Die Anzahl der Schrauben beträgt nach dem Durchmesser des Kranzes 3, 6 bis 8. Zwischen die Kränze zweier Röhrenstücke wird ein locker geflochtener, mit einem Kitt aus Bleiglätte, Kalk und Leinöl überzogener Ring aus Hanf gebracht, und dann die Kränze mittelst der Schrauben gut zusammengezogen. Der Kitt wird bereitet, indem man gepulverte Bleiglätte mit gebranntem und an der Luft zerfallenem Kalk (zu gleichen Theilen) vermengt, und mit Leinöl in einem Mörser so lange stößt, bis daraus eine gleichmäßige Masse entsteht. Dieser Kitt wird in der Wärme nach und nach hart. Am leichtesten und sichersten kann man die Verkittung anbringen, wenn man in die beiden zusammenzufügenden Röhrenenden einen, einige Zoll breiten, aus dünnem Eisenblech zusammengebogenen Ring von gleichem Durchmesser mit der Röhre, einschiebt, so daß er zur Hälfte in der einen, zur Hälfte in der andern Röhre steckt, den Hanf mit dem Kitte um denselben herumwickelt, nun die Schrauben einsteckt, und die Scheiben mittelst der Schraubenmutter gut zusammenzieht. Diese Ver-

Digitized by Google

bindung wird sehr fest und dampfdicht. Will man den Geruch des Oeles vermeiden, der jedoch nur so lange dauert, bis der Kitt völlig trocken ist, so legt man eine Scheibe aus Zinn, oder aus einer Legirung von gleichen Theilen Blei und Zinn, zwischen die Scheiben, und zieht letztere mit den Schrauben gut zusammen. Bei dieser Einrichtung müssen jedoch die Scheiben gut auf einander passen.

Eine andere Verbindung ist die mit Schnautzen, indem das eine Ende des Röhrenstücks mit einer Erweiterung versehen ist, in welche das dünnere Ende des zweiten Stücks eingeschoben und verkittet wird. Diese Verbindungsart ist jedoch weniger fest, als die vorhergehende.

Eine dritte Art, mittelst eines Ringes oder Sattels, giebt ebenfalls eine leichte und dauerhafte Verbindung. Die Röhrenstücke sind dann gleich weit cylindrisch, ihre Enden werden zusammengestoßen, mit Hanf umwickelt und Kitt aufgetragen, dann der in zwei Hälften getheilte, $1^1/_2$ Röhrendurchmesser breite Ring von Eisenblech darüber gelegt, und mittelst der durch die Lappen gehenden Schrauben fest zusammengeschraubt. Sehr bequem ist diese Verbindungsart zum Einsetzen von Seitenröhren in die Hauptröhre. In diesem Fall ist jene mit einem halbcylindrischen Lappen versehen, in diese wird eine Oeffnung gebohrt, die Seitenröhre mit dem Lappen, nachdem man diesen mit einer Lage Kitt versehen hat, angelegt, ein diesem Lappen ähnliches halbcylindrisches Blech auf die obere Hälfte der Röhre gelegt, und das Ganze mit zwei Bändern, die mit Schrauben versehen sind, festgezogen. Auf diese Weise können an jeder beliebigen Stelle der Hauptröhre Seitenröhren eingesetzt werden.

Winkelverbindungen gleich weiter Röhren werden entweder durch kurze, rechtwinklig an einander liegende Röhrenstücke (Kniestücke), oder besser durch bogenförmige Röhrenstücke erreicht. Bei engen Röhren können die Kniestücke aus Blei bestehen.

Die Verbindung nicht weiter Röhren wird durch Zusammenschrauben bewerkstelligt, indem das eine Ende mit einem Schraubengewinde, das andere mit einer Schraubenmutter versehen ist. Röhrenstücke von Kupfer- und Weißblech werden durch Zinn zusammengelöthet.

Bei horizontal fortlaufenden Röhren wird die obere Hälfte durch den Dampf mehr erhitzt, als die untere, weshalb jene mehr ausgedehnt wird und eine leichtere Krümmung erlangt, welche jedoch auf die Festigkeit des Materials keinen Einfluß hat. Dagegen ist die Längenausdehnung wohl zu berücksichtigen. Diese beträgt für Gußeisen von 1—80° R. auf 10 Fuß Länge $1^1/_2$ Zehntellinie und für Kupfer $2^1/_{10}$ Zehntellinie, wonach sich die Größe der Ausdehnung für eine gewisse Röhrenstrecke bestimmen läßt. Es muß daher für diese Ausdehnung am Ende der Röhre der erforderliche Raum gelassen werden, und damit sich die Röhren der Länge nach ohne Widerstand bewegen können, läßt man dieselben auf Rollen ruhen, und bringt auch von 60 zu 60 Fuß eine verschiebbare Verbindung an. Eine solche kann darin bestehen, daß man die Schnautze oder den Muff des einen Stücks glatt ausdreht, und das hineinpassende entweder so genau abdreht, daß es dampfdicht hineinpaßt, oder es mit einigen Nuthen versieht und um dasselbe Hanf wickelt. In beiden Fällen kann es sich in dem Muff bewegen.

In langen Dampfleitungen, besonders in solchen, welche die Wärme nach außen mittheilen sollen, wie bei der Erhitzung von Luft und Flüssigkeiten durch Dampf, wird immer ein Theil desselben verdichtet, weshalb, wie wir weiter unten noch näher sehen werden, die Einrichtung so getroffen ist, daß das Kondensationswasser wieder in den Dampfkessel zurückfallen kann.

Röhren, die Wärme ausstrahlen sollen, bestehen am besten aus Gußeisen und schwarzem Eisenblech; wenn aber der Dampf so wenig als möglich Wärme verlieren soll, so müssen die Röhren entweder recht glatt und blank sein, wie es bei kupfernen und weißblechernen der Fall ist, oder sie müssen mit schlecht leitenden Materien umgeben sein. — Leitet man sie unter der Erde fort, so umgiebt man sie mit Spreu, Sägespänen, Kleie, Asche, Kohlenpulver, gebranntem und an der Luft zerfallenem Kalk, Ziegelstaub ꝛc., hütet sie aber vor jeder Feuchtigkeit. Laufen die Röhren über der Erde fort, so umgiebt man sie mit einem Gehäuse von Holz, welches man mit schlecht leitenden Materien ausfüllt, oder man umgiebt sie mit einer um 3 Zoll weitern Röhre aus blankem Kupfer- oder Weißblech, so daß die innere Röhre überall von einer stillstehenden, nicht leitenden Luftschicht umgeben ist. An beiden Enden verschließt man die ringförmige Oeffnung mit Werg.

Wir wenden uns nun zu der Beschreibung der verschiedenen wichtigsten Systeme von Dampfmaschinen. Der ältesten, zur Wasserhebung angewendeten Arten, der von Savary und Andern, bei denen der Dampf unmittelbar auf das zu hebende Wasser, oder auf einen auf demselben schwimmenden Kolben, immer aber in dem Gefäße selbst wirkte, in welchem das Wasser gehoben wurde, ferner der drehenden Dampfmaschinen wird hier weiter nicht gedacht, da sie gar nicht angewendet werden. Wir bemerken nur noch von den Letztern, daß die bessern Constructionen derselben in der Hauptsache darin bestehen, daß entweder der Dampf in die, durch bewegliche Klappen gesonderten, einzelnen Abtheilungen eines hohlen Radringes, — durch die Peripherie selbst, oder durch die hohlen Arme und die Axe, — eintritt, und zu gleicher Zeit auf jene Klappen und auf eingelassenes Wasser drückend, das Rad umtreibt; oder daß der Dampf, durch die Peripherie in ein feststehendes rundes Gehäuse eintretend, auf- und niederschlagende, an die Axe befestigte, oder auch feststehende Klappen im Kreise herum, vor sich hertreibt.

1. Atmosphärische Maschine.

(Atmospheric engine.)

Diese Maschinen, welche den übrigen Kolbenmaschinen in der Erfindung und Anwendung vorhergegangen sind, wurden ehemals so eingerichtet, daß der Dampf in dem Cylinder selbst, nachdem er den Raum unter dem Kolben ausgefüllt hatte, durch Einspritzen von kaltem Wasser condensirt wurde. Durch diese Methode geht aber viel Dampf und Brennmaterial verloren, weil der durch das Condensiren abgekühlte Cylinder einen Theil des neu eintretenden Dampfs nutzlos condensirt, bis er selbst wieder die Temperatur des Dampfes angenommen hat. Deßhalb ist diese Einrichtung, seit Watt's in diesem Zweige der Maschinenkunde Epoche machender Erfindung, die Condensirung außer-

Digitized by Google

halb des Cylinders in einem besondern Gefäß vorzunehmen, außer Gebrauch gekommen.

Fig. 1 und 2, Taf. XVI, stellt die neuere verbesserte Einrichtung der atmosphärischen Maschine, nach Tredgold's Entwurf, zur Wasserhebung, in einer Seiten- und in einer Ansicht von oben dar. C ist der oben offene Treibcylinder; A, I, B ist die Verbindung des Cylinders mit der Luftpumpe, dem Condensator und der Dampfröhre S. A die Luftpumpe, I die Injectionsröhre mit einem Hahn, durch welchen das Condensationswasser eingelassen wird; B die Steuerungsröhre mit den Steuerungskolben. Der Balancier f i wird durch ein gußeisernes Gerüst getragen, das zum Auseinanderlegen eingerichtet ist, damit die Maschine transportirt werden kann. Indem das Ende f des Balanciers sich hebt und mit ihm der Cylinderkolben, hebt sich mit dem Pumpenkolben die Stange F G, die gegen das Ende des Hubes, mittelst des hier befindlichen Ansatzstückes oder Hebekopfes, den in Rollen laufenden Wagen H rückwärts bewegt, folglich mittelst des Winkelhebels L die Stange O hebt, wodurch sich die Verbindung des Cylinders mit dem Condensator herstellt, indem zugleich das Wasser bei I einspritzt, die unter dem Kolben befindlichen Dämpfe verdichtet und eine Luftleere bildet. Der Kolben bewegt sich alsdann durch den Druck der Atmosphäre niederwärts und hebt die Pumpenstange Z. Am Ende des Niederganges bewegt der Kopf F der Stange F G, den Wagen H vorwärts, wodurch sich die Stange O senkt, also die Communication des Cylinders mit der Luftpumpe gesperrt, und jene mit dem Dampfrohr S geöffnet wird. Der Wagen H wird durch das Querstück oder den Rahmen K getragen, und der Hebel M dient zur Bewegung der Steuerung mit der Hand. e d ist die Radinsstange (siehe weiter unten die specielle Beschreibung des Parallelogrammes) und h i die parallele Stange des Parallelogramms, die nach der ganzen Länge durchgeführt ist. E ist die Kaltwasserpumpe für das Injectionswasser, und die Pumpe D hebt Wasser aus dem Warmwasserbehälter zur Speisung durch die Röhre Q, und zur Auflassung von etwas Wasser auf den Kolben durch die Seitenröhre P.

Berechnung der Maschine (nach Tredgold und Prechtl). Für den Druck der Atmosphäre = 1, wird als Verlust für diese Maschine bei der Temperatur des Condensationsraums von 41° R. angenommen:

Widerstand im Condensator	= 0,134
Kolbenreibung, Beschleunigung des Dampfes durch die Klappen und Abkühlung des Cylinders	= 0,124
Bewegung der Steuerung, Hebung des Injectionswassers und Reibung der Axen . .	= 0,100
Kraft für die Bewegung der Luftpumpe . .	= 0,100
	0,458

Demnach bleibt der effective Druck der Atmosphäre auf den Kolben = 0,542 oder 0,542 × 10 = 5,42 Pfund auf den Kreiszoll. Man erhält also die Wirkung einer solchen Maschine, wenn man 5,42 Mal das Quadrat des Kolbendurchmessers mit der halben Geschwindigkeit des Kolbens multiplicirt. Die zu dieser Wirkung gehörende Geschwindigkeit ist das Produkt aus dem Flächeninhalt des Kolbens in Fußen mit der halben Geschwindigkeit, mehr ein Fünftel für Verlust an Dampf durch Abkühlung und unvollkommenen Kolbenschluß.

Der Cylinderdurchmesser sei z. B. = 30″, die Geschwindigkeit des Kolbens in 1 Minute = 200′; so ist die Wirkung = 5,42 × 900 × 100 = 478,800 Pfd. Die Dampfmenge (für 80° R.) ist = 4,906 × 100 × 1,2 = 588,72 Kubikfuß oder $\frac{588,72}{30,1}$ = 19,5 Pfund; folglich für 1 Pfd. Dampf = 25010 Pfund.

Man kann die atmosphärischen Maschinen auch mit Nutzen mit hochgespannten Dämpfen arbeiten lassen, daher zu wahren Hochdruckmaschinen gestalten, indem man den Kolben mit beliebig großen Gewichten belastet, den Dampf aber von einer solchen Spannung erzeugt, daß er denselben wirklich in die Höhe schiebt, worauf der Kolben beim Niedergange durch sein Gewicht den Atmosphärendruck so unterstützt, daß eine weit größere Kraft ausgeübt wird, als außerdem.

Vortheilhaft wirkt die Maschine übrigens auch mit Expansion, wenn die Steuerungsventile den Zufluß des Dampfes vor Beendigung des Kolbenhubes absperren. Es kann alsdann das Gegengewicht etwas geringer sein, da der Dampf bis zur Absperrung mit der Differenz seines Druckes über jenen der Atmosphäre auf den Kolben anwärts wirkt.

Die atmosphärischen Maschinen können da, wo das Brennmaterial sehr wohlfeil ist, zur Wasserhebung in Kohlengruben, zur Wasserversorgung von Städten u. s. f., überhaupt zur Hebung großer Wassermassen angewendet werden; ihr Spiel ist einfach, sie sind leichter zu construiren und können daher ohne Schwierigkeit von gewöhnlichen, wenig geübten Arbeitern erbauet werden, indem ihre Erbauung weniger Sorgfalt erfordert als die von denjenigen, bei welchen der Dampf durch den Druck wirkt. Bei kleineren Dimensionen bieten sie weniger Nutzen dar, indem, wenn der Cylinder nicht mehr als 25 Zoll Durchmesser hat, der Kohlenverbrauch im Verhältniß zu dem Nutzeffect bedeutend wächst. Der Brennmaterialienverbrauch ist überhaupt bei ihnen sehr namhaft, indem eine starke Abkühlung der beim Niedergange des Kolbens mit der freien Luft in Berührung kommenden innern Cylinderfläche stattfindet; noch mehr aber bei denen, wo im Cylinder selbst eingespritzt wird. Auch wird den Dämpfen viel Wärme durch das Verdunsten des, zu dichterm Abschlusse des Kolbens über solchem stehenden, Wassers entzogen, während dasselbe auch unter den Kolben dringt und daselbst durch seine Verdunstung Gegendruck gegen den Niedergang erzeugt. — Im Allgemeinen werden die atmosphärischen Maschinen jetzt nur noch wenig angewendet, da sie das Doppelte oder Dreifache des Brennmaterials von den Watt'schen Maschinen verbrauchten.

2. Watt'sche Dampfmaschinen.

Bei diesen wird der Dampf nicht nur zur Hervorbringung des relativ leeren Raumes mittelst der Condensation benützt, sondern es wird zugleich der Druck auf den Kolben gegen den leeren Raum durch die Spannung des Dampfes selbst bewirkt, diese mag übrigens dem Druck der Atmo-

Digitized by Google

sphäre gleich sein oder ihn übertreffen; ja der Dampf kann in dem Cylinder selbst unterhalb der Temperatur von 80° wirken, weil dessen Druck in dieser Maschine von dem atmosphärischen unabhängig ist. Es sind diese Maschinen unter allen die vollkommensten, weil sie mit einer bestimmten Brennmaterialienmenge den größten Effect hervorbringen, indem der Nebenverlust bei denselben weniger bedeutend ist, und die Abkühlung im Innern des Cylinders, der noch bei der atmosphärischen Maschine mit Condensirung vorhanden ist, gänzlich vermieden ist. Diese Maschinen scheinen so ziemlich die Grenze der Vervollkommnung erreicht zu haben, deren sie fähig sind; denn von unzähligen Vorschlägen und Abänderungen in den einzelnen Theilen und in der Disposition des Ganzen, die seit 35 Jahren gemacht worden sind und die noch täglich gemacht werden (man sehe nur das Dingler'sche und das polyt. Centralbl.), haben sich nur wenige als hinreichend bewährt erhalten, wohin hauptsächlich die Verbesserungen an den Steuerungsventilen und deren Vereinfachung gehören, wie wir aus einer Vergleichung der Taf. XVII bis XXI sehen werden. Diese Maschinen, welche durch Druck und Condensirung der Dämpfe zugleich wirken, sind entweder einfach wirkend (single acting), oder doppeltwirkend (double acting). Bei den erstern wirken die Dämpfe nur beim Niedergange des Kolbens, bei letztern aber sowohl beim Auf- als Niedergange desselben.

a) Einfachwirkende Watt'sche Dampfmaschine. Die Einrichtung einer einfach wirkenden Watt'schen Dampfmaschine ist auf der Taf. XVII vorgestellt; sie wurde von Boulton und Watt selbst zur Wasserhebung bei den Chelsea-Wasserwerken erbaut. Wir wählen sie, um eine ächte Watt'sche Maschine in Beziehung auf Steuerung, die Verhältnisse und Operationen des Condensators, der Luftpumpe und anderer Theile der Maschine darzustellen. F ist die Dampfleitungsröhre, welche Kessel und Cylinder verbindet, von denen jener gänzlich mit Ziegelsteinen ummauert, dieser mittelst der Bolzen n n mit dem Boden des Maschinengebäudes fest verbunden ist. Der Cylinder ist oben mit einem Deckel verschlossen, durch welchen die Kolbenstange a, mittelst einer luft- und dampfdichten sogen. Stopfbüchse (stuffing box) geht. Der Balancier bewegt sich bei B um seine Axe oder Zapfen, und die Träger für die Zapfenlager werden von der Mauer E unterstützt.

Die Pumpenstange p, nebst einem Gegengewicht, ist an dem Ende A des Balanciers aufgehängt und sie sowohl, als auch die Kolbenstange a, sind durch Parallelogramme, die wir weiter unten näher beschreiben werden, mit dem Balancier A B so verbunden, daß sie bei jeder Lage desselben eine senkrechte Stellung haben.

M ist die Condensations-Cisterne und enthält die Luftpumpe N und den Condensor g. Mittelst der Kaltwasserpumpe y findet ein steter Zufluß von kaltem Wasser statt und der Ueberfluß wird nach dem Sumpf q abgeleitet. Auf diese Weise werden alle äußere Theile des Apparats in der möglichst niedrigen Temperatur erhalten.

Das oberste Dampfventil liegt bei F, das untere bei s, das Exhaustions- oder Entleerungsventil bei O. Diese Ventile (valves) werden durch die Steuerungsstange (plug tree) R bewegt, indem dieselbe mit Zapfen oder Daumen

(tappets) versehen ist, welche die Hebel bewegen, die ihrerseits auf die Ventile F, O, wirken.

Die Warmwasserpumpe, welche den Zweck hat, das von der Luftpumpe ausgegossene heiße Condensationswasser aus dem Sumpf g zu heben und dem Kessel zur Speisung zuzuführen, ist mit 20 bezeichnet. Das Wasser wird der kleinen Cisterne 14, am obern Ende der Speiseröhre zugeführt, deren Spiel weiter oben erklärt worden ist. Um Stöße zu verhindern, sind an dem obern Theil des Balanciers Querbalken 13, 13, befestigt, die zu jeder Seite auf vier sich federnde Hölzer schlagen, welche auf dem Boden über der Maschine befestigt worden sind.

Ehe wir aber das Spiel der Maschine beschreiben, müssen wir erst, mit Hülfe der Fig. 4, Taf XV und Taf. XVII, die einzelnen Theile derselben näher kennen lernen. Figur 4 stellt den Durchschnitt durch den Cylinder, die Dampfröhre, den Condensator, die Luftpumpe, die Condensations- und die Warmwasser-Cisterne einer einfach wirkenden Maschine vor. C ist der Cylinder, P der Kolben, E die Dampfröhre, B der Condensator, A die Luftpumpe, K der Warmwasserkasten, H Ventil zum Ausblasen der Luft (blow valve); R Kolbenstange, welche durch eine Stopfbüchse geht, um den Cylinder dampfdicht zu machen; S die Admissions- oder Dampfleitungsröhre vom Kessel zum Cylinder; V D die Röhre, mittelst welcher der Dampf nach dem Condensator geleitet wird; G die Verbindungsröhre zwischen dem Condensator und der Luftpumpe mit dem Ventil G, welches sich nach dem erstern zu schließt; a, b, c sind drei andere Ventile: c öffnet und verschließt den Weg des Dampfes zwischen der Dampfleitungsröhre S und dem Cylinder C; b öffnet oder verschließt die Röhre oder den Weg E, welcher den obern oder den untern Theil des Cylinders verbindet; a öffnet und verschließt die Röhre (eductions-pipe) D, welche die Verbindung zwischen dem Cylinder und Condensator herstellt. L ist ein Hahn, welcher das Einspritzwasser in den Condensator führt, und O ist eine Röhre, welche den verdichteten Dampf und das Einspritzwasser aus der Luftpumpe A dem Warmwasserkasten K zuführt, um von diesem aus, wie schon bemerkt, durch eine andere Pumpe wieder in den Kessel zu gelangen.

In der Stellung, in welcher der Kolben dargestellt worden, hat der Kolben eben seinen Niedergang begonnen; das Ventil v ist verschlossen, das c geöffnet, so daß der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf auf den Kolben gelangt und denselben niederwärts treibt; wogegen das Ventil a geöffnet ist, so daß der Dampf aus dem Theil des Cylinders unter dem Kolben in den Condensator gelangen kann. Sobald er in denselben hinein gelangt, wird er sogleich verdichtet, wodurch der Druck des Dampfes auf den Kolben wirksam wird. Gänzliche Verdichtung und Wegschaffung der Dämpfe ist nicht möglich; etwas Elasticität bleibt ihnen immer, und auf den Kolben wirkt daher eine Kraft, die gleich der Differenz zwischen der Elasticität des Dampfes im Cylinder und im Condensator ist. Wir wollen nun annehmen, der Kolben habe den niedrigsten Stand im Cylinder erreicht und das Ventil c sei geschlossen und somit das Zuströmen des Dampfes vom Kessel nach dem Cylinder unterbrochen; es sei ferner auch das Ventil c geschlossen, das Ventil b aber geöffnet. Beide Enden des Cylinders sind alsdann mit einander verbunden, das Ein-

Digitized by Google

laß- und das Auslaßventil sind geschlossen, der Kolben ist in einem Zustande des Gleichgewichts und das Gegengewicht am andern Ende des Balanciers will ihn wieder in die Höhe ziehen. Nachdem er am obersten Ende angelangt ist, werden das Einlaß- und das Ausgangsventil geöffnet, wogegen das Gleichgewichtsventil b geschlossen wird, die Dämpfe unter dem Kolben werden wieder condensirt und der Kolben geht wieder in die Höhe. Die von der Maschine bewegte Pumpe A drückt fortwährend das Condensationswasser in die Höhe und saugt dasselbe und Luft aus dem Condensator an. Ehe wir nun zu der Beschreibung verschiedener anderer Arten von Ventilen und Steuerungen übergehen, wollen wir erst zu der Taf. XVII zurückkehren und das Spiel der Maschine noch näher betrachten.

Nehmen wir an, daß der Kessel angefeuert worden; es werden dann alle Ventile mittelst Niederdrücken der Handgriffe von den beiden obersten Hebelarmen x und y, und durch Aufheben des untersten z, verschlossen und durch die respectiven Sperrhaken (catches) in dieser Stellung erhalten, bis daß hinlänglich Dämpfe vorhanden sind und die Maschine zum Arbeiten bereit ist. In diesem ruhenden Zustande der Maschine zieht das Gegengewicht den Kolben stets bis zu dem Deckel des Cylinders, wie es in der Abbildung der Fall ist. Auch der Luftpumpenkolben hat seinen höchsten Stand erreicht.

Um nun die Maschine in Betrieb zu setzen, müssen alle drei Ventile auf einmal geöffnet werden. Dieß geschieht dadurch, daß man die Spindeln von ihren Sperrhebeln lößt, worauf die Gewichte sogleich die Ventile öffnen. Der Dampf tritt nun durch den Hahn F über den Cylinder und mittelst der Röhre r, durch das unterste Ventil O, unter den Kolben, endlich auch durch das Exhaustionsventil K in den Condensator L und treibt alle Luft vor sich her, welche durch ein in der Figur nicht sichtbares Ventil (snifting valve) entweicht. Anfänglich verdichtet die Kälte der Maschinentheile allen eintretenden Dampf, und dieß hört nicht eher auf, als bis das Eisen die Temperatur der Siedhitze erreicht hat. Dann hat der Dampf im Cylinder und in den Röhren dieselbe Kraft, wie in dem Kessel; er nimmt alle Räume der Maschine ein, nachdem alle vorher in denselben vorhandene Luft aus dem Ventil H, Fig. 4, Taf. XV, entwichen ist. Dieß Ventil ist in einem Kasten von etwas Wasser umgeben, um es dicht zu erhalten. Dieses Ausblasen der Luft (blowing through) findet aber nur beim Beginn des Betriebes einer Maschine statt. Man hört alsdann ein Geräusch wie beim Verknistern des Salzes in Feuer, welches durch plötzliche Verdichtung des in das Wasser durch H entweichenden Dampfes entsteht.

Nachdem man sich nun durch dieses knisternde Geräusch überzeugt hat, daß alle Theile der Maschine von Luft gereinigt sind, werden alle drei Ventile geschlossen, indem man die beiden obern Hebelarm-Handgriffe x und y, Figur 3, Taf. XVI und Taf. XVII, niederdrückt und niederhält, den untersten z aber emporhebt und mittelst des Sperrhebels 2 in dieser Lage erhält. Dadurch wird das weitere Zuströmen des Dampfes von dem Kessel unterbrochen, und eben so auch die Verbindung zwischen Cylinder und Condensator. Da nun die kalte Oberfläche des letztern einen bedeutenden Theil des Dampfes zu verdichten

fortfährt, so wird bald eine Luftleere im Condensator entstehen, während der Cylinder über und unter dem Kolben mit Dämpfen angefüllt ist. Die Luftleere im Condensator wird bald vollkommen werden, obwohl langsamer, als wenn ein eigentliches Einspritzen stattfindet.

Der Maschinenwärter läßt nun die beiden obern Handgriffe und Hebelarme x und y, durch ihre respectiven Gewichte emporsteigen; dadurch werden das obere Dampfventil, ferner das Exhaustions- und das Injectionsventil gehoben. Mittelst des erstern gelangt der Dampf in den obern Theil des Cylinders, um auf den Kolben zu drücken, während durch das letztere der schon im untern Theile des Cylinders befindliche Dampf in den luftleeren Condensator strömt. In demselben Augenblick des Oeffnens von dem Injectionshahn wird auch das Ventil a und das Exhaustionsventil gehoben. Dadurch wird kaltes Wasser in den Condensator gebracht und verdichtet den Dampf, sobald er aus dem Cylinder anlangt. Da nun der Druck des Dampfes auf den Kolben durchaus keinen Widerstand findet, so wird er niederwärts getrieben und zieht die Pumpenstange nebst den Pumpenkolben und den Wassersäulen über denselben in die Höhe, und zwar mit einer Geschwindigkeit, die proportional dem Druck des Dampfes und dem Durchmesser des Kolbens, verglichen mit der Höhe der Wassersäule in den Pumpen und dem Durchmesser des Kolbens ist. Nachdem aber der Kolben ungefähr ein Drittel seines Laufs zurückgelegt hat, stößt ein Ansatz oder Daumen des Steuerungsbaumes R den obersten Hebelarm x, drückt ihn nieder und hindert das weitere Herbeiströmen der Dämpfe vom Kessel. Derjenige Theil des Hebelarms, auf welchen der Stoß wirkt, wird senkrecht, wenn das Ventil verschlossen, indem der Arm zu dem Ende gebogen ist, weshalb der Baum mit dem Ansatz weiter niedergehen kann, ohne den Arm ferner nieder zu drücken, wogegen er ihn aber in seiner senkrechten Lage und das Ventil geschlossen erhält. Der Kolben fährt, wegen der Expansion des über ihm befindlichen Dampfes, nieder zu gehen fort. Nachdem er aber den untersten Punkt seines Standes erreicht hat, ergreift ein Ansatz an der entgegengesetzten Seite des Steuerungsbaums den Hebelarm y und drückt ihn nieder; dadurch wird die Stange 4 angezogen, das Exhaustionsventil k geschlossen, ferner auch mittelst der Stange 9 das Injectionsventil. Wenn der Sperrhaken 1 (siehe Tafel XVI, Fig. 3 — a) des Hebelarms y, auf den obern Haken t des Sperrhebels (detent) tv drückt, so hebt er den Sperrhaken 2 der untern Welle z auf. Das Gewicht n veranlaßt alsdann ein Niedersinken des Hebelarms z und veranlaßt die Stange 14, das untere Dampfventil O zu öffnen.

Betrachten wir nun den Stand der Maschine. Der mittlere Hebelarm y wird durch seinen Sperrhaken 1, der in den obern Haken t des Sperrhebels greift, niedergehalten und das Exhaustionsventil k geschlossen. Auch das obere Dampfventil F wird durch dieselben Mittel, wie bei den letzten zwei Dritteln des Niederganges von dem Kolben, geschlossen gehalten. Unter diesen Umständen hindert den Kolben nichts, mittelst des Gegengewichts S empor zu steigen, weil durch Oeffnen des untern Dampfventils O eine freie Verbindung zwischen dem obern und untern Theil des Cylinders hergestellt ist, und der Dampf in dem obern Theil des Cylinders durch die Röhre r strömen und eben

Digitized by Google

so schnell in seinen untern Theil gelangen kann, als der Kolben durch das Gegengewicht emporsteigt.

Wenn der Kolben ungefähr ein Drittel seines Aufganges von dem Deckel des Cylinders entfernt ist, so verläßt der Ansatz des Steuerungsbaumes den obern Hebelarm; allein derselbe kann noch nicht durch sein Gewicht in die Höhe steigen, um das obere Ventil zu öffnen, weil die Stange 5 von dem Hebel der mittlern Are den kurzen Hebel 6 der obern Are gehoben hält, und so dauert die Bewegung fort, bis der Kolben fast das obere Ende des Cylinders erreicht hat. Dann ergreift ein Daumen an dem Steuerungsbaum den untern Hebel x, hebt ihn auf und schließt das untere Dampfventil. Ferner geht der Sperrhaken 2 der untern Are über den untern Haken v des Sperrhebels weg, bewegt sie um sich selbst und löst den Sperrhaken 1 der mittlern Are von dem obern Haken t des Sperrhebels. Ist dieß der Fall, so veranlaßt das Gewicht der mittlern Are den Hebel y aufzuschnellen und öffnet mittelst der Stange 4 das Exhaustionsventil und mittelst der Stange 9 auch das Einspritzventil. Zu gleicher Zeit verliert die obere Are die Unterstützung der Stange 5, die sie emporhält, ihr Gewicht hebt den obern Hebel in die Höhe und durch Anziehen der Stange 2 öffnet er das obere Dampfventil F.

Der Dampf drückt nun auf die obere Fläche des Kolbens, während der unter dem Kolben befindliche Dampf in den Condensator strömt, wo er durch das kalte Einspritzwasser verdichtet wird und eine Luftleere in dem untern Theil des Cylinders hervorbringt, so daß der Kolben bis auf dessen Boden niedergehen kann.

Bei einem Drittel des Niedergangs drückt der Steuerungsbaum, wie vorher, auf den obern Hebel und hält ihn nieder, um das obere Dampfventil geschlossen zu halten; und wenn der Kolben den Boden erreicht hat, so drückt der Steuerungsbaum auf den mittlern Hebel y, um das Einspritz- und das Exhaustionsventil zu schließen. Durch Sperren dieser beiden wird das untere Dampfventil geöffnet. Der Kolben geht alsdann mittelst des Gegengewichts in die Höhe, und wenn er das Ende seines Laufs erreicht hat, so erhebt der Steuerungsbaum den untern Hebelarm x und schließt das untere Dampfventil, durch dessen Sperrung die beiden andern Hebelarme gelöst werden, welche das obere Dampf-, das Exhaustions- und das Einspritzventil öffnen, wodurch wiederum ein Niedergang des Kolbens bewirkt wird.

Wenn die Luft aus allen Theilen der Maschine durch Ausblasen gehörig entfernt worden ist, so beginnt die Wirkung der Luftpumpe nicht eher, als bis das Einspritzwasser und die aus dem heißen Wasser entwickelte Luft sich angehäuft haben; dann taucht der Kolben d (Fig. 3, Taf. XVI) der Luftpumpe bei jedem Niedergange in das auf dem Boden des Stiefels N befindliche Wasser, welches dann durch die Klappenventile im Kolben über denselben dringt. Geht er nun in die Höhe, so schließen sich die Ventile, und alles Wasser, welches über dieselben gedrungen war, wird bis zum obern Ende der Luftpumpe gehoben und dringt durch das Klappenventil g in der Röhre zwischen N und g in den Warmwasserkasten g. Unter dem Kolben entsteht durch dessen Aufgang eine Luftleere, und wenn dieselbe vollkommener als die in dem Condensator ist, welches der Fall

sein wird, da dieser entweder Luft oder Dampf enthält, so drücken dieselben vermöge ihrer Elasticität auf die Oberfläche des Wassers in dem untern Theile des Condensators und treibt es durch das Klappenventil in den untern Theil der Luftpumpe N, und nachdem alles Wasser aus dem Condensator entfernt worden, folgen auch die Luft und die elastischen Dämpfe, die in dem letztern enthalten sind, bis der Raum unter dem Luftpumpen-Kolben mit dem im Condensator gleich hoch angefüllt ist.

Dieß findet Statt, während der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat; bei seinem Niedergange wird der Raum unter ihm so lange vermindert, bis daß der verdünnte Dampf so lange gedrückt wird, um das Ventil m in der Verbindungsröhre zu verschließen und die Ventile in dem Kolben d zu öffnen. Hat der Kolben seinen niedrigsten Stand erreicht, so muß alles Wasser, da es auf keine andere Weise entweichen kann, über den Kolben dringen und, wie vorher bemerkt, in den Warmwasserkasten gehoben werden. Beim Niedergange des Kolbens d schließt sich das Ventil g, so daß weder Wasser aus dem Warmwasserkasten, noch atmosphärische Luft in die Luftpumpe dringen können. Wir sehen hierdurch, daß, wenn der Dampf in dem Condensator so dünn ist, daß der ganze Inhalt des Cylinders von der Luftpumpe nur einige Kubikzoll beträgt, wenn er reducirt ist, diese geringe Quantität dennoch durch das Entleerungsventil g getrieben werden wird, weil das über dem Kolben befindliche Wasser der Luft folgt und jedes Theilchen derselben aus der Pumpe entfernen und dann selbst folgen wird.

Watt's Luftpumpe muß große Dimensionen haben und der Condensator ist gewöhnlich von derselben Größe, wodurch die Verdünnung jedes elastischen, in letzterm enthaltenen Dampfes bei jedem Kolbenzuge die Hälfte sein wird; d. h. die Luftpumpe wird jedesmal die halbe Menge des elastischen Dampfes herausziehen. Nimmt man nämlich an, daß der luftleere Raum, den der Pumpenkolben unter sich läßt, wenn er in die Höhe geht, gleich der Capacität des Condensators sei, so müssen sich die Dämpfe in dem letztern selbst ausdehnen, um den doppelten Raum auszufüllen. Die eine Hälfte von den Dämpfen wird in die Pumpe dringen und bei dem folgenden Hub herausgeschafft werden, während die andere Hälfte in dem Condensator bleiben wird.

Der Cylinder der vorliegenden Maschine hat vier Fuß Durchmesser und acht Fuß Kolbenhub, die Luftpumpe aber zwei Fuß Durchmesser und vier Fuß Hub. Die Oberflächen ihrer Basen verhalten sich daher wie 1 zu 4 und ihre Capacitäten wie 1 zu 8. Man muß aber nicht glauben, daß diese weite, mit Luft erfüllte Pumpe bei jedem Kolbenhube entleert werde; denn so wie wir vorher bemerkt haben, reduciren sich die Dämpfe, mit denen sie gefüllt ist, auf eine geringe Menge, ehe sie die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft erreichen. Zuerst sollte man zu der Folgerung veranlaßt werden, daß die Pumpe den Nutzeffect der Maschine schwächt und zwar in dem Verhältniß des Drucks von der Luft auf die Oberfläche des Kolben. Betrachten wir aber die Einrichtung der Pumpe genauer, so finden wir, daß das Ventil bei g den atmosphärischen Druck zurückhält, und daher der Kolben die Maschine nur sehr wenig belasten kann, bis daß er seinen höchsten Stand

Digitized by Google

erreicht hat. Nimmt man die ganze Summe des Widerstandes vom Anfang des Kolbenhubes bis zu seinem Ende, so wird man ihn im Verhältniß mit der Kraft des Dampfcylinders sehr gering finden.

Eine Luftpumpe von einem Achtel des räumlichen Inhalts des Dampfcylinders ist hinreichend, um den Condensator leer zu erhalten; ein kleinerer müßte auf einer größern Länge des Hubes in Wirksamkeit sein, um Luft und Wasser fort zu schaffen. Uebrigens mag die Luftpumpe so groß sein, wie sie will, so wird sie, die Kolbenreibung abgerechnet, die Maschine eigentlich nur dann belasten, wenn das Entleerungsventil g geöffnet ist, um das Wasser und die Luft, welche sie enthält, heraus zu schaffen. Vorher besteht der Widerstand blos in der Zusammendrückung der Dämpfe, eine Operation, die beim Aufsteigen des Kolbens im umgekehrten Verhältniß zu der Abnahme des Drucks der Dämpfe steht, wenn sie in dem Cylinder durch Expansion wirken.

Die zur Condensirung des Dampfes dienenden Theile müssen so kalt als möglich gehalten werden, so wie die, durch welche der Dampf geht, oder in denen er wirkt, so warm als möglich. Daher stehen die Luft- oder Entleerungspumpe, so wie der Condensator in einer Cisterne von kaltem Wasser, welche durch die Kaltwasserpumpe stets gefüllt erhalten wird, und aus der immer ein Theil abläuft, um die Temperatur des Wassers möglichst niedrig zu erhalten. Liegt das Einspritzventil tief in der Cisterne, so nimmt es das Wasser im kältesten Zustande auf (s. Fig. 3, Taf. XVI).

So wie der Condensationsapparat im Wasser steht, um kalt erhalten zu werden, so müßte der Cylinder, wenn es möglich wäre, von Dampf umgeben sein, um ihn warm zu erhalten. Watt umgab ihn daher mit einem Mantel (casing jacket), der mit dem Kessel in Verbindung steht, und also selbst voll Dampf ist. Dadurch wird zwar der Zweck, den Cylinder gegen Abkühlung zu schützen, erreicht, allein es wird dadurch auch die Dampfoberfläche vergrößert und das Aeußere des Mantels einer schnellern Abkühlung unterworfen, als von der Oberfläche des Cylinders selbst statt gefunden haben würde. Um aber eine möglichst vollkommene Luftleere zu erlangen, ist es nothwendig, den Cylinder in solch einer Temperatur zu erhalten, daß auch nicht die geringste Dampfmenge, sei es über oder unter dem Kolben, verdichtet wird. Es wird dieß durch den Mantel vermieden, und die von seiner Oberfläche entweichende Wärme hat keinen nachtheiligen Einfluß auf den Gang der Maschine. Wir werden weiter unten noch andere Arten, den Cylinder gegen die Abkühlung zu schützen, kennen lernen. Einigen seiner besten Maschinen gab Watt einen Mantel von polirtem Kupferblech. — Bei kleinen Maschinen bringt man den Cylinder auch wohl in dem Kessel an, obgleich es eben nicht rathsam, und nur bei Dampfwagen eine solche Einrichtung erforderlich ist.

Der Raum zwischen Cylinder und Mantel steht mittelst einer kleinen Röhre mit der Dampfleitungsröhre in Verbindung. Da der Mantel eines großen Cylinders weit mehr dem Wechsel der Temperatur unterworfen ist, als dieser letztere selbst, so könnte die ungleiche Ausdehnung seiner Theile leicht Brüche veranlassen. Um dieß zu vermeiden, besteht der Mantel der Länge nach aus zwei Hälften, die in der Mitte in einander greifen, wie aus der

Fig. 3, Taf. XVI, ganz deutlich wird. Diese muffartige Ineinanderfügung wird durch Hanf und Talg verdichtet. Zuweilen besteht der Mantel auch aus einzelnen, mit einander durch Schrauben verbundenen Cylinderstücken, wie aus Taf. XVII deutlich wird. Die Dampfröhre ist mit der Röhre des Exhaustionsventils K ebenfalls durch einen Muff verbunden, so daß sie sich etwas ausdehnen kann, ohne daß ein Entweichen von Dampf stattfindet.

Fig. 3, Taf. XVI, worauf wir schon häufig verwiesen haben, zeigt die ältere Einrichtung der Watt'schen einfach wirkenden Dampfmaschinen, wogegen die auf Taf. XVII dargestellte, wie schon bemerkt, von neuerer Einrichtung ist. Die Fig. 3 wird aus dem schon Gesagten deutlich sein. Nur in Beziehung des Oeffnens und Schließens der Ventile bemerken wir mit Hülfe der Fig. 5, Taf. XV, noch Folgendes. Bei den neuern Maschinen ist auch wohl die aus der Figur leicht zu ersehende Einrichtung angebracht; denn es ist sehr wichtig, daß sich die Ventile zu rechter Zeit öffnen und schließen, und dazu verdienen bei einfach wirkenden Maschinen die Gewichte den Vorzug. Hier bewegt sich das Gewicht W in einem Stiefel, der von Wasser umgeben ist und in dem Wasserkasten C steht. Wir kommen weiter unten bei Beschreibung einer einfach wirkenden Hochdruckmaschine specieller auf eine solche Vorrichtung zurück.

Berechnung der einfach wirkenden Dampfmaschine (nach Prechtl). — Wird der Druck des Dampfes im Kessel mit 1 ausgedrückt, so nimmt man im Mittel für die Kolbenreibung, Beschleunigung des Dampfes und Abkühlung im Cylinder . . . . . = 0,10
Für Bewegung der Steuerung, Hebung des Injectionswassers und Reibung der Axen . . . = 0,10
Für die Bewegung der Luftpumpe . . . . . = 0,10
Abschließung des Dampfes vor dem Ende des Hubes . . . . . = 0,10
0,40

Beträgt z. B. der Druck des Dampfes im Kessel = 15 Pfund auf den Quadratzoll, = 11,775 auf den Kreiszoll; so ist der Druck auf den Kolben = 11,775 × 0,6 = 7,065. Hiervon der Widerstand im Condensator bei 40° R. mit 1,2 Pfund für 1 Kreiszoll abgezogen, giebt 7,065 — 1,2 = 5,86 Pfund für den effectiven Druck auf den Kolben für 1 Kreiszoll.

Die Wirkung der Maschine wird sonach erhalten, wenn man das Quadrat des Kolbendurchmessers in Zollen mit 5,86 Pfund und der halben Geschwindigkeit des Kolbens multiplicirt. Z. B. der Cylinderdurchmesser sei 30 Zoll, die Geschwindigkeit = 200 Fuß, so ist die Wirkung = 900 × 100 × 5,86 = 527400 Pfund in der Minute auf 1 Fuß gehoben.

Die für die Wirkung in einer Minute nöthige Dampfmenge wird erhalten, wenn man die Kolbenfläche in Fußen mit der halben Geschwindigkeit multiplicirt, und dazu $^1/_{10}$ für Dampfverlust durch Abkühlung und unvollkommenen Schluß des Kolbens und der Klappen hinzufügt. Sie ist also = 4,906 × 100 × 1,1 = 539,66 Kubikfuß, oder $\frac{539,66}{25,8}$ = 20,9 Pfund; also Wirkung für 1 Pfund Dampf = 25280 Pfund.

Digitized by Google

Soll die Maschine mit Expansion wirken, so darf der Druck auf den Kolben am Ende des Niederganges nicht weniger als die Hälfte des effectiven Drucks außer dem Widerstande gegen Reibung und Condensator betragen, weil sonst die im Pumpenwerke zu hebende Wassersäule das Uebergewicht erhalten würde. Nimmt man die Expansion = 1,33, so ist der mittlere Druck auf den Kolben $= \frac{11,775}{1,33} \times 0,625 = 5,53$ Pfund; also die Wirkung $= 900 \times 100 \times 5,53 = 497700$ Pfund. Die zu dieser Wirkung nöthige Dampfmenge ist $\frac{539,66}{1,33} = 405,3$ Kubikfuß oder 15,61 Pfund; also Wirkung für 1 Pfund Dampf = 31880 Pfund.

Die Anwendung der einfach wirkenden Dampfmaschinen, sowohl der Watt'schen, als auch der nach andern Prinzipien construirten, — wir kommen weiter unten auf die Beschreibung einer einfach wirkenden Hochdruckmaschine zurück, — beschränkt sich auf die Wasserhebung. Absolut leistet die Watt'sche einfachwirkende Maschine zwar nicht mehr, als die atmosphärische, gebraucht aber nur $^1/_4$ bis $^1/_3$ so viel Brennmaterial und weniger Einspritzwasser, als diese, wenn letztere im Cylinder condensirt, obschon sie selbst wieder etwas mehr Feuerung, als die doppelt wirkende erfordert, indem während des Dampfabschlusses ein stärkerer Druck auf dem Wasser lastet, und die Dampferzeugung erschwert.

b) Doppelt wirkende Dampfmaschine. — Bei der obigen Beschreibung der einfach wirkenden Dampfmaschine sind wir in eine sehr weitläuftige Beschreibung der Wirkungen der Luftpumpe, des Condensators und verschiedener anderer Theile eingegangen, welche dieselbe mit der doppelt wirkenden gemein hat. Es ist daher nicht nöthig, die Beschreibung jener Theile zu wiederholen, sondern wir brauchen nur die Construction und die Wirkungsart der Maschine im Allgemeinen und einige verschiedene Arten der Steuerung u. s. w. zu beschreiben. Wir wählen zu dieser Beschreibung eine Maschine von 20 Pferdekräften, erbauet nach einem wiederholt in den besten englischen Maschinenfabriken angewendeten Prinzip, welche zum Betriebe irgend einer Fabrik, eines Walzwerks ꝛc. dient, und dann eine andere Maschine, welche zu Terrenoire, im franz. Loiredepartement, ein Cylindergebläse bewegt. Im Allgemeinen sind sich diese und andere Maschinen dieser Art in dem Prinzipe gleich, und nur in der Art und Weise der Steuerung und in Nebendingen weichen sie von einander ab. Die Bewegung der Ventile wird durch excentrische Scheiben bewirkt, die entweder unter den Ventilstangen angebracht sind, oder die auf einen Hebel wirken, der mit diesen Stangen verbunden ist, und den ein Gegengewicht balancirt u. s. w.; wir werden diese und andere Unterschiede weiter unten bei der Beschreibung der einzelnen Theile der Dampfmaschine näher kennen lernen.

Auf Taf. XVIII ist eine Seitenansicht von der ersten der beiden erwähnten Maschinen dargestellt. B ist der von einem Mantel umschlossene Cylinder; C, Röhre, welche den Dampf von dem Kessel nach der Ventilröhre D leitet; E, zum Condensator F führende Röhre; G Luftpumpe; H die Kaltwassercisterne; J die Kaltwasserpumpe und K die Warmwasserpumpe, deren Wirkungsweise aus der Abbildung deutlich genug hervorgeht; L die Kolbenstange, die mit dem Parallelogramm verbunden ist; S die Kurbelstange, welche den Balancier Q und die Kurbel T verbindet. Letztere ertheilt dem Zahnrade U eine drehende Bewegung; dasselbe greift in ein anderes Rad an der Welle V, und theilt demselben, so wie dem Schwungrade W, die Bewegung mit. Von dieser Welle sowohl, als von der Kurbel, kann nun die Kraft auf eine bedeutende Entfernung durch Wellen, Räder, Bänder fortgepflanzt werden, wie wir im Verfolg des Werkes näher sehen werden. Zuweilen sitzt das Schwungrad an der Kurbelwelle und bewegt andere Schwungräder, die in einiger Entfernung davon liegen, durch Bänder, die um ihre Peripherien gehen. Dieß ist z. B. in dem Schiffswerft zu Woolwich bei einer Dampfmaschine der Fall, welche zur Bewegung eines großen Hammers und eines Walzwerks dient. X, Y, Z sind drei Winkelräder, von denen das erste an der Kurbelwelle sitzt, und mittelst des zweiten Rades Y und der gleichbenannten Welle ein drittes Z bewegt, welches wiederum durch zwei excentrische Scheiben den Ventilen die Bewegung mittheilt. Man ersieht dieß deutlicher aus Fig. 3, Taf. XX, zu deren Betrachtung wir uns daher zuvörderst wenden. Sie enthält eine vergrößerte Abbildung der die Steuerung u. s. w. betreffenden Theile der Maschine.

C ist die Dampfleitungsröhre, die bei a mit einem Klappenventil (throttle valve) a versehen ist, um das Zuströmen des Dampfes aus dem Kessel zu reguliren. Die zum Cylinder führenden Röhrenstücke bei np, oq sind durch Schraffirungen angedeutet. Das Ventil a wird durch den Hebel b und die Verbindungsstange c bewegt, welche letztere mit dem Regulator g in Verbindung steht, auf dessen Bewegung wir zurückkommen. ee sind zwei Hebel, die durch einen Schlitz in der Spindel gehen, und sich um die Are f drehen können. Den obern Theil der Spindel umgiebt eine Dille oder Röhre h, welche mittelst der Stangen ii mit dem Hebel b mittelst den Stangen c und l verbunden ist. Die Röhre h geht in die Höhe, wenn die Centrifugalkraft die Kugeln des Regulators hebt, und sie geht niederwärts, wenn die Bewegung der Maschine langsam ist und die Kugeln sinken. Mit der Röhre geht auch der sich mit ihr bewegende Hebel l nieder. c ist eine die Hebel l und b bewegende Stange, welche durch ihre vereinigte Bewegung die Drehung des Regulators dem Ventil a mittheilt. Wenn daher die Dampfmaschine nicht im Betriebe ist, so ruhen die Kugeln jj auch in den gabelförmigen Armen kk. Wenn sich die obern Enden der Hebel ee einander nähern, und die Stange c gehoben wird, so gelangt das Ventil a in eine horizontale Lage, so daß eine große Quantität Dampf durch die Röhre C dringen kann. Nachdem aber so viel durchgegangen, als erforderlich und die Maschine in Bewegung gesetzt ist, gehen die Kugeln in die Höhe, das Röhrchen h und die Stange c steigen empor, das Ventil a wird in eine schiefe Lage gebracht, verengt oder verschließt die Oeffnung mit steigender Geschwindigkeit, wodurch die zum Cylinder strömenden Dämpfe und die Geschwindigkeit vermindert werden, so daß die letztere gleichförmig bleibt, wenn die Maschine gehörig regulirt worden ist. Die Wirkung des Regulators hat keinen Einfluß auf die Steuerungsventile, deren Spiel folgendes ist.

Digitized by Google

Nachdem die gehörige Dampfmenge durch die Röhre C herbeigeführt worden ist, geht sie durch das Ventil a entweder über oder unter den Kolben, nämlich über denselben, wenn das Ventil n geöffnet und das Ventil o geschlossen, unter den Kolben, wenn das letztere geöffnet und das erstere verschlossen ist. E ist die Auslaßröhre (eduction pipe), die zu dem Condensator führt, und welche abwechselnd mittelst der Ventile p und q mit dem obern und untern Theil des Cylinders in Verbindung gebracht wird. Die Ventile n und o sitzen jedes an einer cylindrischen Röhre oder Spindel, welche durch die Stopfbüchsen r und s gehen. Das obere Ende einer jeden von denselben hat einen Hals, die obere bei t, die untere bei u, zur Aufnahme der Ventilstangen p q, welche, wie oben bemerkt, zu dem Ableitungsrohr führen, so daß entweder das Dampf- oder das Ableitungsventil geöffnet werden, ohne daß Dampf entweichen kann.

Fig. 4, Taf. XX, ist eine Ansicht von vorn der beiden Schiebstangen, welche die Ventile n, o, p, q bewegen. Diese Stangen werden durch die Stücke z z und den Leiter 1 senkrecht erhalten. Die untern Enden der Stangen haben Frictionsrollen 3,3, auf welche die beiden excentrischen Stücke 4,4, an der horizontalen Welle z wirken. Diese erhält ihre Bewegung durch die Welle Y, die einen rechten Winkel mit jener macht, und mittelst Winkelrädern mit der Kurbelwelle der Maschine verbunden ist. Vier Arme 9, 10, 11, 12 sind mit den Stangen v v und w w zu dem Zweck befestigt, die Ventile zu bewegen, und ein Hebel oder Arm 13, der sich um einen an die Röhre E geschrobenen Nagel dreht, dient dazu, die Dampfventile zu öffnen und zu verschließen, wenn die Maschine erst in Gang gesetzt werden soll, wie wir weiter unten sehen werden. Wenn das Dampfventil n und das Ableitungsventil q geöffnet sind, so bildet sich eine Luftleere unter dem Kolben, und der darauf drückende Dampf treibt denselben niederwärts. Wenn nun diese beiden Ventile jetzt geschlossen, und dagegen die Ventile o und p geöffnet werden, so ist der obere Theil des Cylinders dem Condensator, und der untere Theil dem Dampf geöffnet, weshalb der Kolben mit einer Kraft emporsteigt, die gleich der ist, mit der er niedersteigt, mit Ausnahme des Gewichts von dem Kolben, welches in dem einen Falle zugesetzt, in dem andern abgezogen werden muß. Man wird sogleich die große Einfachheit der doppelt wirkenden im Verhältniß zu den einfach wirkenden Maschinen erkennen.

Die auf der Fig. 3 mit 18, 19, 20 und mit 21, 22, 23, 24, 25 bezeichneten Theile sind Visire zur Bestimmung der Spannung der Dämpfe in dem Cylinder und Condensator, auf welche wir noch zurückkommen.

Der Regulator wird durch ein Band b b bewegt, welches über eine Rolle an der Kurbelwelle und über eine andere Rolle d (Fig. 3, Taf. XX) an der Regulatorspindel selbst geht. Um die Maschine in Gang zu setzen, muß das Schwungrad so lange gedreht werden, bis die Kurbel T in einer horizontalen Richtung, der Kolben in der Mitte des Cylinders B und das excentrische Rad an der obern Seite der Welle z befindlich ist. Die Stange w w (Fig. 4) wird mit den Ventilen v und p gehoben werden, und nachdem der Hebelarm 13 gedreht worden, ist ein Durchgang für den Dampf geöffnet, so daß derselbe von

der Röhre C her eindringt, und die atmosphärische Luft ausbläst, welche vorher die verschiedenen Theile der Maschine füllte. Wenn dieß bewirkt, und die Temperatur der Maschine gehoben ist, so muß der Hebelarm 13 in seine ursprüngliche Lage zurückgebracht werden; die Stange v v nebst ihren Ventilen wird niederwärts gehen, und der Dampf wird von dem obern Theil des Cylinders abgeschlossen sein, während zu gleicher Zeit auch die Verbindung zwischen dem untern Theile des Cylinders und dem Condensator unterbrochen wird. Es muß nun der Injectionshahn geöffnet werden, der einen geringen Strahl kaltes Wasser in den Condensator spritzt, und es wird eine theilweise Luftleere über dem Kolben gebildet, während der Dampf in den Raum über denselben dringt, und zwar mit einem Druck, der gleich dem ist, welchen das Visir über den Druck der Atmosphäre angiebt. Indem nun die Kolbenstange in dem Cylinder niedergeht, geht das entgegengesetzte Ende des Balanciers in die Höhe, mit ihm die Kurbelstange S und die Kurbel T, und es wird eine Rotationsbewegung hervorgebracht werden. Das Schwungrad wird nun auch einen hinlänglichen Grad von Kraft erlangt haben, um die Kurbel über die Senkrechte hinauszuführen, und der Kolben wird dann seinen höchsten Stand erreicht haben. Da nun alsdann die Stellung der Ventile durch die Wirkung der excentrischen Scheiben umgekehrt worden ist, so entsteht auf diese Weise eine fortdauernde Bewegung.

Nach dieser genauern Beschreibung der auf Taf. XVIII und XX abgebildeten Maschine wird es leicht sein, die auf Taf. XIX dargestellte zu verdeutlichen, welche, wie schon oben bemerkt, zur Bewegung eines Cylindergebläses dient und ebenfalls nach Watt'schen Prizipien construirt ist.

Fig. 1 ist ein Seitenaufriß der Dampfmaschine und Durchschnitt des Gebläsecylinders. Fig. 2 ist ein Grundriß beider Maschinen, oberhalb des Cylinders genommen.

C' C', Dampfcylinder; B, Dampfröhre zur Vertheilung des mittelst der Röhre D D herbeigeführten Dampfs. A A, hohle Säulen, von denen die eine dazu dient, die Dämpfe unter den Kolben zu leiten, so wie die andere, um sie, nachdem sie benutzt worden sind, dem Condensator zuzuführen.

U U, Cisterne, welche stets mit kaltem Wasser angefüllt erhalten wird. Man regulirt die Admission des kalten Wassers zu dem Condensator mittelst eines Ventils, welches an einer Stange sitzt, die durch eine Schraube auf- und abwärts bewegt wird, je nachdem man die kleine Kurbel m nach der einen oder nach der andern Richtung dreht.

X, Luftpumpe, welche das Condensationswasser durch eine quadratische Röhre R R erhält, in der ein Klappenventil vorhanden ist. K, Warmwasserkasten, welcher das von der Luftpumpe gehobene Condensationswasser aufnimmt. Es läuft mittelst der Röhre ab.

Y, Kaltwasserpumpe. Das Wasser wird der Condensatorcisterne durch die quadratische Röhre I I zugeführt. Das überflüssige Wasser fließt durch eine kleine Seitenröhre ab.

Z, Warmwasserpumpe, welche zur Speisung des Dampfkessels dient und der das Condensationswasser aus dem Warmwasserkasten durch die Röhre S zugeführt wird.

p' p', b' c' und p p', b c, Parallelogramme, ersteres der Dampfmaschine und letzteres des Gebläses, die im Allgemeinen die gewöhnliche Einrichtung haben. — a a, zwei Säulen auf dem Gebläsecylinder, und a' a' zwei andere

Digitized by Google

auf dem Dampfkasten B. Sie dienen als Stützpunkte von den Gegenlenkern der beiden Parallelogramme. Vier Stangen, welche durch das Gebälk H gehen und auf beiden Seiten desselben mit Schraubenmuttern versehen sind, um die Säulen in einer unveränderlichen Stellung zu erhalten.

G G, Balancier, der aus zwei einander parallelen Stücken besteht, welche 4 Zoll von einander entfernt sind und zwischen denen sich der Kopf der Kurbelstange F bewegt, die mittelst der Kurbel M die Bewegung dem Schwungrade V V mittheilt. Dieses hat, wie immer, auch hier den Zweck, den Gang der Maschine regelmäßig zu machen.

h h, kleine Zahnräder von gleichem Durchmesser, welche dazu dienen, die Bewegung von der Schwungradwelle E einem dreieckigen Excentricum e mitzutheilen.

e i, excentrische Stange, die mittelst des Winkelhebels i k und der Stangen k l das Schiebventil bewegt, mittelst dessen der Dampf vertheilt wird. Die Einrichtung der Schiebventile werden wir noch weiter unten bei Beschreibung der einzelnen Theile der Dampfmaschinen kennen lernen.

Der Balancier G G wird von der Mauer H getragen, in welcher der Bogen O befindlich ist.

Die Einrichtung des Gebläseeylinders, welchen die Dampfmaschine in Bewegung setzt, beschreiben wir in der ersten Abtheilung des zweiten Bandes.

Die Verhältnisse der Maschine gehen aus dem, den Abbildungen eingeschriebenen Metermaaße hervor, welches leicht in andere Maaße reducirt werden kann.

Berechnung der doppelt wirkenden Watt'schen Dampfmaschine. Der Verlust bei dieser Maschine (für Cylinder über 20 Zoll) wird sonach angenommen, wenn der Druck des Dampfes im Kessel = 1 ist:

Für Kolbenreibung, Beschleunigung des Dampfes und Abkühlung des Cylinders mit	= 0,155
Für die Bewegung der Steuerung, des Injectionswassers und Reibung der Aren . . .	= 0,063
Abschließung des Dampfes vor dem Ende des Hubes	= 0,100
Für die Bewegung der Luftpumpe . . .	= 0,050
	0,368
also der effective Druck	= 0,632

Z. B. der Druck des Dampfes im Kessel auf 1 Quadratzoll sei 15 Pfund, so ist der Druck auf 1 Kreiszoll = 11,775 × 0,632 = 7,44 Pfd.; die Temperatur des Condensators sei = 40° R., so ist der effective Druck auf dem Kolben 7,44 — 1,2 = 6,24 Pfd. für 1 Kreiszoll; für den Durchmesser des Cylinders = 30 Zoll, und die Geschwindigkeit = 200′ in einer Minute, so ist die Wirkung = 900 × 200 × 6,24 = 1123200 Pfd′.

Die für diese Wirkung nöthige Dampfmenge ist = 1079,3 Kubikfuß, oder 41,8 Pfd. in 1 Minute; also die Wirkung für 1 Pfd. Dampf = 26870 Pfd.′, und wenn die Maschine mit Expansion arbeitet, diese = 2,127 angenommen, = 751090 Pfund′.

Die doppelt wirkenden Watt'schen Dampfmaschinen sind die gemeinnützigsten und zu allen Arbeiten geeignet, welche einer feststehenden Maschine zufallen, daher auch im allgemeinsten Gebrauche; sie haben eine sehr gleichförmige Bewegung und sind deßhalb für den Betrieb von Manufacturen, Fabriken, Mühlen, zur Förderung beim Bergbau, zum Betriebe von Hüttenwerken ꝛc. sehr passend; sie sind einfacher, dauerhafter und leichter in Ordnung zu erhalten, als die eigentlichen Expansionsmaschinen, von denen wir noch weiter unten reden werden, und sie sind nur da in der Anwendung beschränkt, wo es schwer ist, das nöthige Einspritzwasser herbeizuschaffen; sie brauchen einen kleinern Cylinder und weniger Brennmaterial, leisten folglich mehr als die einfach wirkenden Watt'schen, so lange nämlich beide mit vollem Dampfdrucke arbeiten. In neuerer Zeit hat man sie selbst mit dem besten Erfolge auf Dampfschiffen angewendet, auf denen vorher nur Hochdruckmaschinen für ausreichend gehalten wurden.

3. Hochdruckmaschinen.

Diese arbeiten größtentheils ohne, zuweilen auch mit Condensation und sind meistens doppelt wirkend. Dampfmaschinen ohne Condensation sind die einfachsten von allen und müssen gegentheils allemal Hochdruckmaschinen sein, indem der abwechselnd auf die eine oder die andere Kolbenfläche drückende Dampf nur mit seinem Ueberdrucke über die Atmosphäre wirkt, in welche er den, vom vorigen Spiele auf der andern Seite des Kolbens befindlichen, statt in den Condensator, hinaustreibt.

Wir beschreiben hier zuvörderst eine Hochdruckmaschine ohne, und dann eine mit Condensation. Die Fig. 1 und 2, Taf. XX, geben, erstere eine Ansicht von vorn und letztere eine Seitenansicht von einer solchen Maschine, an welcher der Balancier weggelassen worden ist, da er dabei weniger erforderlich ist, als bei allen andern Arten von Dampfmaschinen. Da wir übrigens auf die Hochdruckmaschinen ohne Condensation bei den Dampfwagen specieller zurückkommen, so wird um so eher eine ganz kurze Beschreibung genügen.

Der Cylinder C C ruht auf einem gußeisernen Gerüst A A, welches seinerseits mittelst Schraubenbolzen mit dem Schwellwerk B B verbunden ist. Auf dem Cylinder stehen, mit dem Deckel desselben durch Schraubenbolzen verbunden, die gußeisernen Bogen D D D, welche dazu dienen, die Kolbenstange in einer senkrechten Lage zu erhalten, indem sie zwei geschmiedete eiserne Stangen a, a, enthalten, die durch einen stärkern Theil der Querstange E E gehen, in deren Mitte die Kolbenstange und an deren beiden Enden die Kurbelstangen sitzen, welche die Kurbeln F an der Hauptwelle der Maschine, welche die Kraft weiter fortpflanzt und an der auch das Schwungrad sitzt, in Bewegung setzt. Der Dampf gelangt aus dem Dampfkessel mittelst der Röhre S S in einen Kasten C C, der ein Schiebventil enthält, das den Dampf durch flache, in der Cylinderwand enthaltene Röhren über und unter den Kolben leitet. Das Ventil wird mittelst einer herzförmigen Scheibe an der Welle, deren Umriß bei d, Fig. 1, durch punktirte Linien angedeutet ist, bewegt. Es wirkt auf die innere Seite eines rechtwinkligen Stücks Schmiedeeisen, welches einen Theil von der senkrechten Spindel f f bildet und ihr durch seine Umdrehung eine abwechselnde Bewegung ertheilt, welche durch den horizontalen Hebel g g der Ventilstange mitgetheilt wird. k k ist ein Klappenventil, welches, wie gewöhnlich, durch einen Regulator C regulirt und durch

Digitized by Google

ein System von Winkelrädern von der Hauptwelle aus bewegt wird.

Berechnung der Wirkung. Es sei die Spannung des Dampfes im Kessel = 5 Atmosphären oder 4 Atmosphären über die äußere, der Durchmesser des Cylinders 9″, der Kolbenhub 2′ und die Geschwindigkeit des Kolbens = 180′ in einer Minute oder 45 Hübe in der Minute; so ist, wenn der Druck des Dampfes in der Atmosphäre = 1 gesetzt wird, der Kraftaufwand zur Beschleunigung des Dampfes, sowohl beim Eintritt des Cylinders, als beim Austritt in die Atmosphäre . = 0,014

Kolbenreibung . . . . . = 0,200

Abkühlung des Dampfes in Cylinder und Röhren . . . . . = 0,022

Bewegung der Steuerung und Reibung der Maschine . . . . . = 0,062

Durch Abschließung vor dem Ende des Hubes = 0,100

0,398

wofür = 0,4 gesetzt werden kann.

Nun beträgt der Druck von 4 Atmosphären = 50,92 Pfd. auf den Quadratzoll = 50,92 × 0,6 = 30,55 Pfd. Sonach ist die Wirkung oder der Nutzeffect der Maschine = 0,785 × 9² × 30,55 × 180 = 349650 Pfund in einer Minute auf 1 Fuß gehoben. Diese Rechnung wird erleichtert, wenn man den Druck für Kreiszolle statt für Quadratzolle nimmt, wo dann die Kolbenfläche durch das Quadrat des Durchmessers gegeben wird. Der Druck des Dampfes von 1 Atmosphäre auf den Kreiszoll ist = 12,732 × 0,785 = 9,99 oder = 10 Pfund auf den Quadratzoll. Hiernach ist die Wirkung für diesen Fall = 0,4415 × 180 × 1,2 = 95,37 Kubikfuß oder 5 Atmosphären oder 63,66 Pfund Druck, wozu nach der vorn mitgetheilten Tafel die Anzahl der aus 1 Pfund Wasser entwickelten Kubikfuß Dampf = 6,9. Folglich ist das Gewicht dieses Dampfes = $\frac{95,37}{6,9}$ = 13,82 Pfd. Demnach ist bei dieser Maschine die Wirkung von 1 Pfd. Dampf = $\frac{349650}{13,82}$ = 25290. — Vortheilhafter wird die Wirkung der Hochdruckmaschinen, wenn sie mit Expansion arbeiten; hier, wenn die Absperrung bei $^3/_4$ des Kolbenhubes geschieht, = 29350 Pfund′. Folglich ist bei diesen Verhältnissen für denselben Brennstoffaufwand die Wirkung mit dieser Ausdehnung zu jener ohne dieselbe = 29350 : 25290.

Hochdruckmaschinen ohne Condenfation sind nur dann von Nutzen, wenn die Umtriebsmaschine sehr leicht und einfach werden, oder, ohne Rücksicht auf Brennmaterialersparniß nur einen kleinen Raum einnehmen soll, die zur Condensation erforderliche Wassermenge aber theils gar nicht, theils nur mit einem zu unverhältnißmäßigen Aufwande von Kraft oder Kosten herbeizuschaffen wäre. Besonders eignen sie sich deßhalb für Dampfwagen und Dampfspritzen. Sie wiegen pro Pferdekraft 1500 bis 1700 Pfd., die Watt'schen dagegen doppelt so viel. — Ihr Ankauf ist wohlfeil, ihre Unterhaltung theuer; sie machen nicht mehr Spiele als andere und sind dem Springen weit mehr ausgesetzt, welches bei ihnen vorzugsweise durch übertriebene Spannung im Kessel und durch unregelmäßige Speisung veranlaßt werden kann. — Bei feststehenden Maschinen dieser Art ist es von Nutzen, wenn die örtlichen Verhältnisse gestatten, den gebrauchten und ausgetriebenen Dampf noch zur Erwärmung von Wasser, Trockenapparaten, oder ganzen Gebäuden zu verwenden.

Oekonomischer als diese, die atmosphärischen und die gewöhnlichen Watt'schen einfach wirkenden, sind die Hochdruckmaschinen mit Condensation und Expansion, da, wo die nöthige Wassermenge leicht zu haben, und die etwas ungleich wirkende Kraft, — welche deßhalb auch große Schwungräder erfordert, — ohne Nachtheil ist. — Hochdruckmaschinen mit Condensation müssen fast mit Expansion arbeiten, damit sich der durch letztere entstehende, weniger dichte Dampf leichter condensiren läßt. Sie sind besonders für Dampfschiffe geeignet, wo es an Condensationswasser nicht fehlt. — Bei mehr als zwei Atmosphären Spannung brauchen alle Hochdruckmaschinen verhältnißmäßig mehr Brennmaterial als andere, weil die Kolbenreibung größer ist, durch die hocherhitzten Theile viel Wärme, durch den minder leicht herzustellenden Verschluß viel Dampf verloren geht. Ist man aber genöthigt, sie anzuwenden, so wird es für das Beste erachtet, dem Dampfe 3 bis 4 Atmosphären Spannung über dem gewöhnlichen Luftdrucke zu geben.

Wir wenden uns nun mit Hülfe der Taf. XXI zu der Beschreibung einer einfach wirkenden Hochdruckdampfmaschine von 80 Zoll Cylinder-Durchmesser, die bei den consolidirten Gruben bei Redruth in Cornwall zur Wasserhaltung angewendet wird, erst im Jahre 1833 erbaut, eine der besten und größten Maschinen dieser Art in England und mit manchen eigenthümlichen Einrichtungen versehen ist.*

Die Maschine hat drei Kessel, die jedoch nur dann alle Dämpfe liefern, wenn sie mit aller ihrer Kraft wirken soll. Die Kessel sind cylindrisch, 7 Fuß weit, von 0,7 Zoll starkem Blech, 18 Fuß lang und haben, 8 Zoll vom Boden entfernt, eine 4 Fuß weite Heitzröhre, die 8 Zoll über dem Boden des Kessels liegt und vorn den Rost und sonach den Heitzraum enthält. — Kessel dieser Art sind in England bei den einfach wirkenden Hochdruckmaschinen sehr gewöhnlich; wir haben sie auch schon weiter oben im Allgemeinen kennen gelernt.

Fig. 1 und 2, Taf. XXI, geben einen Grund- und einen Aufriß der Maschine. Sie zeigen die Einrichtung des Cylinders, des Balanciers, des Schachtgestänges, an welchem die Pumpenstangen hängen, der Ventile, der Luft- und der Warmwasserpumpe. Fig. 3 ist ein senkrechter Durchschnitt des Cylinders und Kolbens. — Fig. 7 ist ein Grundriß des Cylinders und der damit verbundenen Ventile. — Fig. 4, 5, 6 endlich, sind senkrechte Durchschnitte der verschiedenen Ventile.

Auf den Fig. 1 und 2 sind die aus den vorhergehenden Abbildungen bekannten Maschinentheile mit gar keinen Buchstaben bezeichnet, und bedürfen daher keiner weitern Erklärung.

---

* Wir entlehnen diese Beschreibung aus einem Aufsatz des franz. Bergingenieurs Herrn Combe „über den Berawerksbetrieb in Cornwall," in den Annales des Mines, 3eme Série, Tome V, p. 593 etc.

Digitized by Google

a ist ein Gehäuse mit einem Ventil, dessen Oeffnung während des Spiels der Maschine constant bleibt; man nennt dasselbe Regulatorventil (Regulator valve). Es ist den gewöhnlichen Klappenventilen analog, die bei den doppelwirkenden Maschinen mit dem Regulator verbunden sind. Der Durchschnitt dieses Ventils nebst Gehäuse ist in Fig. 5, a, vorhanden. Es wird von dem Maschinenwärter gestellt, je nachdem derselbe mehr oder weniger Dampf zuströmen lassen will. — b, Gehäuse des Zuströmungs- oder Admissionsventils (Top steam valve) zwischen dem Regulatorventil und dem Raum im Cylinder über dem Kolben. Dieses Gehäuse steht mit a in Verbindung, wie aus Fig. 5 deutlich wird.

c, Gehäuse des sogen. Gleichgewichtsventils (Equilibrium valve). Es ist an dem obern Theile der Röhre T befindlich, die mit beiden Enden des Cylinders in Verbindung steht. Oeffnet man das Ventil c, so werden die Cylinderräume über und unter dem Kolben in Verbindung gesetzt. Fig. 4 ist ein senkrechter Durchschnitt dieses Gehäuses nebst Ventil.

E, Gehäuse des Entleerungsventils (Exhaustions valve), welches mit dem untern Raum des Cylinders in Verbindung steht und, wenn es geöffnet ist, denselben mit dem Condensator in Communication bringt. Fig. 6 ist ein senkrechter Durchschnitt dieses Gehäuses nebst Ventil.

R, R, die beiden Luftpumpen der Maschine, welche man im Grundriß, Fig. 2, sieht.

S, ein Theil von dem Schachtgestänge, mit welchem die Pumpenstangen verbunden sind.

s, Kolbenstangen der Luftpumpen.

X, Warmwasserpumpe zur Speisung des Kessels; s', Kolbenstange und Y, Saugröhre derselben, und ZZ, Enden, an denen man die Röhren anbringt, mittelst denen das durch x gehobene Wasser in die Kessel gedrückt wird.

M, Mauer, auf welcher der Balancier in seinem Zapfenlager ruhet. — N, Mauerwerk, auf welchem der Cylinder ruhet und mit welchem er durch Schraubenbolzen verbunden ist.

C, Cataract (Cataracte) genannter Apparat, der den Zweck hat, nach den Bedürfnissen die Anzahl der Kolbenhübe in einer gegebenen Zeit zu bestimmen.

A, Vorrichtung an demjenigen Ende des Balanciers, an welchem die Kolbenstange befindlich ist. Ein an derselben horizontal und in der Quere befestigtes Stück Holz oder Eisen, legt sich, wenn der Kolben fast den tiefsten Stand erreicht hat, auf zwei federnde Stücken Holz B, die auf den Balken angebracht sind, zwischen denen der Balancier durchgeht. Es wird dadurch das nachtheilige Stoßen vermieden, welches hervorgebracht werden würde, wenn der Kolben gegen den Boden des Cylinders schlüge. Stößt nun das Querstück gegen die Federbalken, so ist dieß für den Maschinenwärter ein Zeichen, daß er die einströmenden Dämpfe durch das Regulatorventil vermindern müsse.

Ehe wir nun zu der Beschreibung des Spiels der Maschine übergehen, betrachten wir erst die hier eigenthümliche Construction der Ventile, indem wir uns auf die Fig. 4, 5 und 6, beziehen. — Das Regulatorventil, a, Fig. 5, ist ein gewöhnliches Muschelventil (Soupape à coquilles). Die von den Kesseln herbeiführende Dampfröhre mündet

in die Oeffnung 1 aus, und die Dämpfe gelangen durch die Oeffnung, welche man durch größere oder geringere Hebung des Ventils 2 größer oder kleiner machen kann, in das Gehäuse a, und gehen von dort in das Gehäuse b des Admissionsventils 3. Ist dieses geöffnet, so strömen die Dämpfe durch die Oeffnung 4 in den obern Theil des Cylinders. Die Fig. 4, 5 und 6 zeigen, daß die Ventile b, c und E eine gleiche Form und nur verschiedene Größe haben, und es ist daher hinreichend, nur eins, z. B. das Exhaustionsventil, E, Fig. 6, welches das größte ist, zu beschreiben. Die schraffirten Stellen der Fig. 6 und sämmtlicher anderer Figuren bezeichnen die durchschnittenen Theile derselben. Das Ventil besteht aus Glockenmetall, die Stange t dagegen aus Schmiedeeisen. Es ist aus zwei Theilen, einem festen d und einem beweglichen ii, zusammengesetzt, welcher letztere an der Stange t sitzt. Der feste Theil d ruht mit seiner Peripherie auf einem genau concentrirten und polirten Sitz, auf welchem er, mittelst der Querstange k und der Bolzen hh und in k eingelassener Muttern, befestigt ist. Dieser Theil hat die Form eines hohlen, unten offenen und an seiner Peripherie durchbrochenen Cylinders, oder dieselbe besteht aus Stäben und dazwischen befindlichen leeren Räumen, so daß, wenn der bewegliche Theil entfernt ist, die in dem Gehäuse E befindlichen Dämpfe frei durch die Oeffnungen des festen Theils dringen können.

Der bewegliche Theil ii ist ringförmig, oben und unten offen, und die Stange t sitzt an einem Kreuz, welches, da es hoch und schmal ist, sehr viel Dämpfe durchläßt. Ist das Ventil nicht gehoben, so liegen die engern Ringe ss, s's', dicht an dem untern und obern Ringe des festen, durchbrochenen Cylinders, so daß die in E befindlichen Dämpfe nicht durch das Ventil dringen können. Hebt man aber das bewegliche Stück, so dringen die Dämpfe von oben in den bauchigen Theil i und dann durch den durchbrochenen Cylinder d in das Innere und nach 2. Die Ventilstange geht durch eine in dem Deckel des Ventilgehäuses befindliche Stopfbüchse. — Diese Ventile haben sich als sehr bewährt bei mehren der großen Wasserhebungsmaschinen in Cornwall gezeigt.

Die Fig. 3 zeigt den Dampfcylinder von einem zweiten, oder von einem Mantel umgeben. Der leere Raum zwischen beiden steht mit dem Kessel in Verbindung und wird mit Dampf angefüllt erhalten. Auch der Deckel und der Boden des Cylinders sind doppelt. — Dieselbe Figur zeigt auch einen Durchschnitt des Kolbens. Derselbe ist mit Hanfgeflechten geliedert, die von oben herab mittelst eines Kranzes zusammen gedrückt werden, indem derselbe durch Bolzen und Schrauben mit dem Kolben verbunden ist.

Wir erklären nun mit Hülfe der Fig. 1 und 2 das Spiel der Maschine, wobei wir das stets geöffnete Regulatorventil a ganz unberücksichtigt lassen. — Die Dämpfe wirken nur beim Niedergange des Kolbens und dieser zieht dann mittelst des Balanciers das Schachtgestänge nebst den Kolbenstangen der Pumpen in die Höhe. Während dieser Bewegung ist das Exhaustionsventil E geöffnet, damit der Raum unter dem Kolben mit dem Condensator in Verbindung stehe. Soll der Kolben niedergehen, so öffnet sich das Admissionsventil b, durch welches der Dampf einströmt, mittelst des Cataractes C. Nachdem der Kolben aber $^1/_8$

Digitized by Google

oder $^1/_4$ seines Laufs zurückgelegt hat, so schließt die Steuerungsstange P das Admissionsventil und der noch übrige Theil des Kolbenhubes wird durch die Expansion der Dämpfe vollendet. Hat der Kolben seinen niedrigsten Stand erreicht, so schließt die Steuerung das Exhaustionsventil E und öffnet das Gleichgewichtsventil c. Das Gewicht des Schachtgestänges zieht den Kolben, auf welchen von beiden Seiten gleicher Druck des Dampfes einwirkt, wieder empor, zu gleicher Zeit aber das Wasser in den Steigeröhren der Druckpumpen in die Höhe, wie wir in der folgenden Abtheilung des Werks näher sehen werden. Hat der Kolben den höchsten Stand erreicht, so bleibt er in Ruhe, bis daß der Cataract nach und nach das Exhaustions- und das Admissionsventil öffnet. Auf diese Weise sind stets zwei, auf einander folgende Kolbenhübe durch einen Zwischenraum der Ruhe getrennt, dessen Dauer nach Belieben mittelst des Cataractes bestimmt werden kann, wie wir näher zeigen werden.

In Fig. 1 hat der Kolben den höchsten Stand erreicht und es sind, mit Ausnahme des Regulatorventils a, alle Ventile geschlossen. Der Cataract C, Fig. 1 und 2 (deren manche Maschinen der Art auch zwei haben), besteht aus einem Cylinder pp, der in einem mit Wasser angefüllten Gefäß steht. In dem Cylinder bewegt sich ein fester Kolben, dessen Stange durch ein Gelenk mit einem seinerseits an der horizontalen Welle NN befestigten Hebel l verbunden ist. An derselben Welle sind auch noch befindlich: auf der einen Seite eine Masse Eisen M, die an dem Ende eines langen Hebels sitzt und von der Welle entfernt oder derselben mehr genähert werden kann. Auf der andern Seite ein langer Hebel L, der an der Steuerungsstange P streift und der durch den, an derselben festgeschrobenen Ansatz Q, bei deren Niedergange, niedergedrückt wird. Endlich ist ein, ebenfalls an der Welle sitzender Hebel l', mit einer langen, senkrechten, schmiedeeisernen Stange verbunden, die senkrecht hinter der Steuerungsstange und horizontal unter den Stücken y und y' verborgen sind, so daß man sie in den Abbildungen nicht wahrnehmen kann. Diese in, an der Maschine befestigten, Rinnen geleitete Stange hebt bei ihrem Aufgange: 1) den Hebel y (Fig. 1), welcher sich um eine kleine horizontale Welle α bewegt; 2) den sich um die kleine Welle α' bewegenden Hebel y'. Drückt der Daumen Q beim Niedergange der Steuerungsstange gegen den Hebel L, so bewegt sich die von dem Hebel l' gehaltene Stange niederwärts, der Kolben des Cataractes und das Gewicht M aber gehen in die Höhe. Der Kolben saugt Wasser aus dem Kasten an, welches durch ein, sich von außen nach innen bewegendes Ventil dringt, das in einer, an dem Pumpenstiefel sitzenden, horizontalen Röhre angebracht ist. Geht die Steuerungsstange in die Höhe, so übt das Gewicht M, mittelst des Cataractkolbens einen Druck auf das in der Pumpe befindliche Wasser aus. Da es nun nicht durch das Eingangsventil entweichen kann, so geht es aus einer, mit einem Hahn versehenen Seitenöffnung. Man öffnet diesen Hahn mehr oder weniger, je nachdem man will, daß der Kolben mehe oder minder schnell sinken soll. In dem Maaß, daß der Kolben niedergeht, hebt der Hebel l' die senkrechte Stange, die bei ihrer aufsteigenden Bewegung zuerst den Hebel y und nach einigen Secunden den Hebel y' empor-

hebt. In dem Augenblick, daß dieß Letztere geschieht, strömen die Dämpfe aus dem Kessel auf den Kolben, der alsdann nieder zu gehen beginnt. Einige Secunden vorher hatte der Cataract, durch Hebung des Hebels y, das Entleerungsventil geöffnet und hatte folglich die Verdichtung der im Cylinder befindlichen Dämpfe, die bei dem vorhergehenden Kolbenzuge gedient hatten, bewirkt.

Sollen daher die Kolbenhübe der Maschine ohne eine ruhende Zwischenzeit aufeinander folgen, so muß man die Hahnöffnung des Cataractes so reguliren, daß die sie bewirkende senkrechte Stange den Hebel y unmittelbar darauf hebt, als der Kolben seinen höchsten Stand erreicht hat. Sind dagegen in einer gewissen Zeit nur wenige Kolbenzüge nöthig, so schließt man den Cataracthahn mehr, und die Zeiträume zwischen zweien aufeinander folgenden Kolbenzügen werden auf diese Weise nach Belieben bestimmt.

Das Spiel der Ventile ist nun leicht zu erklären. Indem die senkrechte Stange des Cataractes in die Höhe geht, erhebt sie zuvörderst den Hebel y, Fig. 1, und hebt auf diese Weise das an der Stange r sitzende Gegengewicht ab. Die horizontale Welle mit dem Hebelarm m (Fig. 1 und 2) dreht sich, und das Exhaustionsventil E wird durch die Stangen, welche durch Glieder λ_1, λ_2, λ_3 mit der Welle ν und dem an derselben sitzenden Hebel φ verbunden sind, gehoben. Der in dem Cylinder befindliche Dampf wird alsdann verdichtet, der Kolben geht aber noch nicht niederwärts. Die Catarractstange, welche nach einigen Secunden in die Höhe geht, hebt den Hebel y' und hakt das an der Stange sitzende Gegengewicht aus. Die horizontale Welle μμ, Fig. 2, an der die beiden gekrümmten Hebel σσ, Fig. 1, befestigt sind und zwischen denen die Steuerungsstange P auf- und niedergeht, dreht sich und hebt das Admissionsventil mittelst der Stangen, welche durch Gelenke λ'_1, λ'_2, λ'_3, mit der horizontalen Welle μ', Fig. 2, und mit dem Hebel φ' verbunden sind. Alsdann geht der Kolben, auf den der aus dem Kessel herbeiströmende Dampf drückt, nieder. Die Hebel σσ, Fig. 1, welche an der Welle μμ sitzen, die sich um ein Viertel ihrer Peripherie gedreht hat, haben alsdann eine rechtwinklige Stellung gegen die auf der Figur angegebene. Sie umschließen die Steuerungsstange P, welche mit dem Kolben niedergeht.

Wenn letzterer $^1/_6$ bis $^1/_4$ seines Laufs vollendet hat, so drücken die Leisten t, Fig. 1, die an zwei Seiten mit der Steuerungsstange verbunden sind, gegen die Hebel σσ, und schließen das Admissionsventil, indem sie das an der Stange r' sitzende Gegengewicht wieder emporheben. Es muß bemerkt werden, daß die Hebel σσ während des Niederganges der Steuerungsstange sich an die hintere Seite der langen Leisten t legen, so daß sie das Ventil geschlossen erhalten, bis daß der Daumen Q den Hebel L hinlänglich niedergedrückt hat, um die senkrechte Stange des Cataractes niedergehen zu lassen, und auf diese Weise dem Stück γ, welches auf dem Ende dieser Stange ruhete, zu gestatten, wiederum die horizontale Stellung anzunehmen, die er in Fig. 1 hat, und das Gegengewicht mittelst des Daumens aufzuhalten.

Der Kolben fährt alsdann mittelst der sich expandirenden Dämpfe nieder zu gehen fort. Hat er seinen Lauf fast vollendet, so drückt die an der Steuerungsstange befindliche

Digitized by Google

Leiste t' gegen den alsdann emporgehobenen Hebel m, führt ihn in die auf Fig. 1 angegebene Stellung zurück, schließt das Erhaustionsventil, und hält das Gegengewicht r an dem Stück y mittelst des Daumens γ auf. Zu gleicher Zeit löst ein, an einer und derselben Welle mit dem Hebel m sitzender Daumen, mittelst eines Mechanismus, der nicht abgebildet, der aber denen derselben Art bei gewöhnlichen Maschinen, so wie wir sie weiter oben beschrieben haben, analog ist, das am Ende der Stange r'' befindliche Gegengewicht. Durch die Wirkung desselben dreht sich die Welle μ''μ'', an welcher der Hebel n sitzt. Durch Drehung dieser Welle wird, mittelst der durch die Glieder λ''_1, λ''_2, λ''_3 vereinigten horizontalen Are ν'ν' und des Hebels φ'', das Gleichgewichtsventil gehoben. Der Kolben geht alsdann durch die Schwere des Schachtgestänges wieder in die Höhe. Hat er bald seinen höchsten Stand erreicht, so hebt die Leiste t'' den Hebel n in die Höhe, führt ihn zu der in Fig. 1 angegebenen Stellung zurück und schließt das Gleichgewichtsventil. Der Kolben bleibt, während alle Ventile geschlossen sind, in der ruhenden Stellung, in welcher ihn unsere Abbildungen darstellen, bis daß die durch den Cataract emporgehobene senkrechte Stange das Erhaustions- und das Admissionsventil von Neuem schließt.

Mittel, den Dämpfeverbrauch zu reguliren. Der Maschinenwärter, der mittelst des Cataractes den, zwei Kolbenzüge von einander trennenden Zeitraum verschieden einrichten kann, ist auch, indem er die Daumen oder die Angriffe t an der Steuerungsstange verschiebt, im Stande, den Zutritt der Dämpfe aus dem Kessel zum Cylinder zu vermehren oder zu vermindern. Diese Daumen t müssen eine solche Stellung haben, daß das über dem Balancier angebrachte Querstück A bei jedem Kolbenzuge die elastischen Hölzer ohne Stoß berührt, welches etwas eher erfolgt, als der Kolben auf dem Boden des Cylinders anlangt. Außerdem kann der Maschinenwärter auch noch, ohne die Länge des Kolbenhubes zu verändern, nach welcher das Admissionsventil verschlossen ist, den Aufwand von Dämpfen vermehren oder vermindern, indem er das Regulatorventil mehr oder weniger öffnet. Es geschieht dieß sehr leicht mittelst der senkrechten Stange, die er durch die Schrauben e und j höher oder niedriger stellt. Das Ende dieser Stange hebt den Hebel k, und folglich die Stange f des Ventils a, mittelst der Welle i i und des an derselben befindlichen Hebels. Durch das Regulatorventil kann der Maschinenwärter in jedem Augenblick die Bewegung der Maschine reguliren. Er muß sehr aufmerksam darauf sein, nicht zu viel Dämpfe zuströmen zu lassen, indem dadurch, daß der Kolben am Ende seines Niederganges noch eine zu bedeutende Geschwindigkeit besitzt, durch die heftigen Stöße des Kolbens gegen den Cylinderboden leicht Brüche desselben veranlaßt werden können.

Wir werden später sehen, daß die Dauer eines jeden Kolbenzuges, auch unabhängig von dem Zeitraum zwischen zwei auf einander folgenden, ebenfalls veränderlich ist, und daß man die Geschwindigkeit des Kolbens im Verhältniß zu der Menge des zu hebenden Wassers einrichten kann.

Der Druck der Dämpfe in den Kesseln wird zu 25 Pfd. auf den Quadratzoll über den atmosphärischen, oder zu 2⅔ Atmosphären, angenommen. — Um jeden Wärmeverlust zu vermeiden, ist der Cylinder oder vielmehr dessen gußeiserner Mantel gänzlich mit einem hölzernen umgeben, jedoch so, daß zwischen beiden ein ringförmiger, 12 Zoll weiter Raum bleibt, der gänzlich mit Sägespähnen ausgefüllt ist. Der Cylinderdeckel ist ebenfalls mit einer Schicht von derselben Materie bedeckt, und endlich sind auch die gußeisernen Dampfleitungsröhren von quadratischen Kästen umschlossen, die ebenfalls Sägespähne enthalten. Ueberhaupt sind alle Theile der Kessel, der Cylinder und der Röhren, welche Dampf enthalten, mit Stoffen umkleidet, die schlechte Wärmeleiter sind. Die Räume, in denen die Maschinen stehen, sind dann nicht wärmer, als ein gewöhnlich geheiztes Zimmer. Steht die Maschine 12 Stunden still, so geht nur wenig Wärme verloren. Wenn es daher nöthig ist, die Maschine bei Nacht oder in einem Nothfalle anzulassen, so ist nur eine kleine Zeit erforderlich, die Spannung der Dämpfe wieder herzustellen.

Der Kolbenhub beträgt 11 Fuß, und da der Balancier ungleiche Arme hat, von denen der auf der Seite des Dampfcylinders 18½, und der auf der Seite der Pumpe nur 14 Fuß lang ist, so beträgt der Pumpenkolbenhub nur 8 Fuß. — Röhren und Ventile gewähren den Dämpfen sehr weite Durchgänge, besonders die zum Condensator führenden, wogegen der Durchschnitt des die Dämpfe zum Cylinder führenden Ventils weit enger ist, und dieser Zugang kann auch durch das Regulatorventil jeder Zeit verengt werden. Die Construction dieser Ventile ist dadurch sehr bemerkenswerth, daß, ungeachtet des ungleichen Drucks auf beide entgegengesetzte Seiten, sehr wenig Kraft dazu erforderlich ist, sie zu öffnen. Bei dem Entleerungsventil hat der Ring, auf welchen der zu überwindende Druck ausgeübt wird, nur eine Oberfläche von 75 Quadratzoll, während der den Dämpfen geöffnete Durchgang 432 Quadratzoll beträgt. Das Oeffnen des Entleerungsventils einige Secunden vor dem Zuströmen der Dämpfe zum Kolben gewährt einen besondern Vortheil.*

Die Klappenventile der beiden Luftpumpen bestehen aus sehr dichter Leinwand, da Leder durch das heiße Wasser zu bald zerstört werden würde. Zwölf aus Leinwand bestehende Scheiben von dem gehörigen Durchmesser werden mit starkem Bindfaden zusammengenäht, und in der Mitte wird eine rechteckige Oeffnung eingeschnitten, durch welche die Kolbenstange geht. Durch diese Luftpumpe wird eine sehr vollständige Luftleere erreicht. — Ein Zähler, der durch eine Stange bewegt wird, die an irgend einem Punkte des Balanciers befestigt worden ist, giebt die Zahl der Kolbenzüge an. — Bei dem gewöhnlichen langsamen Gange der Maschine, wobei der Kolben 2½ Secunden zu seinem Niedergange gebraucht, strömen die Dämpfe nur während des ersten Achtels seines Laufes auf denselben. Die Maschine macht bei dieser Geschwindigkeit 7½ Wechsel in der Minute. — Soll sie rascher arbeiten, so muß man das Gegengewicht vermindern, welches den Niedergang des Schachtgestänges aufhält, so daß derselbe schneller erfolgen kann; allein alsdann ist es auch nöthig, längere Zeit

* Man nennt die hier beschriebenen Ventile, die sich so leicht bewegen lassen und in sich die Vortheile der Muschel- und der Schiebventile vereinigen, doppelte Sedventile (double beat valves).

Digitized by Google

Dämpfe auf den Kolben strömen zu lassen, damit derselbe seinen Niedergang rascher vollenden kann.

Wir machen nun noch schließlich folgende allgemeine Bemerkungen über die beschriebenen und über alle ähnlich eingerichteten Wasserhebungsmaschinen in Cornwall.

Der Dampf wird bei den meisten Maschinen auf etwa 40 Pfund auf den Quadratzoll gespannt und der Zutritt in den Cylinder abgesperrt, sobald der Kolben $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_8$ oder sogar nur $^1/_{10}$ des Hubes durchlaufen hat, je nachdem mehr oder weniger Kraft erforderlich ist, damit der Dampf während des übrigen Theiles des Hubes durch Expansion wirken kann.

Durch das Regulator- oder Sparventil wird es möglich, die Zahl der Kolbenhübe von 1 bis zu 12 in der Minute wechseln zu lassen, je nach dem Bedürfnisse, wobei der Kohlenverbrauch beinahe in demselben Verhältnisse zu- und abnimmt, als die Anzahl der Kolbenhübe. Am vortheilhaftesten aber sind 5 bis 6 Kolbenhübe in der Minute. Das Sparventil ist vorzüglich für solche Maschinen brauchbar, welche zur Trockenlegung von Gruben dienen sollen, da hier die zu leistende Arbeit mit der Tiefe und der Ausdehnung der Gruben zunimmt; aber auch für solche, die Wasser in Wohnungen schaffen sollen, da jährlich mehr Wasser verlangt wird, und die Kraft in demselben Verhältniß zunehmen muß, als die Nachfrage.

Die Wirkung der beschriebenen Maschine ist im Allgemeinen die, daß 1 Bushel oder 84 Pfund Steinkohlen beinahe 112 Millionen Pfd. Wasser heben; sie leisten also bei gleichem Brennmaterialienaufwande dreimal so viel, als die gewöhnlichen Wasserhebungsmaschinen, und es ist dieß der größte Effect, den je Maschinen erreicht haben. (Mehr über den Effect dieser Maschinen findet man in den Verhandlungen des Gewerbvereins in Preußen, 1831, S. 59 ꝛc. und 1837, S. 117 ꝛc.)

4) Die Expansionsdampfmaschinen. — Von den bis jetzt beschriebenen Maschinen wirkten viele mit Expansion der Dämpfe (à détente, franz., with expansion, engl.), und wir bemerkten auch bereits weiter oben, worin das Eigenthümliche ihrer Wirkungsweise bestehe. Wir betrachten sie jetzt ganz kurz als eine besondere Abtheilung von Dampfmaschinen. Sie gründen sich, wie bemerkt, auf die Benutzung derjenigen Eigenschaft der Dämpfe, nach welchen der Druck, wenn sie sich ohne Verminderung der Temperatur in einem größeren Raume ausdehnen, nur in dem Verhältnisse dieser Ausdehnung abnimmt, daß demnach dieselbe Dampfmenge, nachdem sie schon mit ihrer vollen Spannkraft gewirkt hat, noch durch ihre Ausdehnung wirkt. Dieses Prinzip kann, wie schon gesagt, bei jeder Maschine angewendet werden, und schon Watt that es bei den seinigen, indem der Dampf in demselben Cylinder noch einen kleinern oder größern Theil des Weges blos durch seine Ausdehnung durchläuft. Jedoch nimmt hier die Kraft unverhältnißmäßig schnell ab, und das Lastmoment muß deßhalb zu Erhaltung gleicher Geschwindigkeiten in gleichem Maaße verringert werden; auch muß bei dergleichen Maschinen der Cylinder höher sein, als außerdem, wenn der Dampf nur mit vollem Druck arbeitet.

Schon vortheilhafter für diesen Zweck war daher die Hornblower'sche Maschine, bei welcher der Dampf in einem ersten, kleinen, Cylinder mit voller Kraft wirkt, sich sodann aber in einem zweiten, größern, ausbreitet und in diesem auf einen Kolben von größerer Fläche drückt. Die, übrigens nur wenig in Anwendung gekommene, Hornblower'sche Maschine, ist einfach wirkend und benutzt nur Dämpfe von niederm Druck.

Der eigentliche Repräsentant des Expansionssystems ist aber die Woolf'sche Dampfmaschine, eine doppeltwirkende Hochdruckmaschine mit zwei Cylindern, einem kleinern und einem größern. Gesetzt, die Dämpfe treten in den kleinen Cylinder über den Kolben ein, so treiben sie denselben mit voller Spannung bis in seinen tiefsten Stand; zugleich aber tritt der, von dem vorigen Spiele unter dem Kolben des kleinen Cylinders befindliche, Dampf durch die geöffneten Verbindungsventile und Röhren in den größern Cylinder und zwar über dem Kolben ein und dehnt sich verhältnißmäßig aus. Indem er nun hierbei auf den kleinen Kolben nach oben, auf den großen nach unten drückt, so wird seine, auf letztern ausgeübte, wirkliche nutzbare Leistung dem seiner Ausdehnung angemessenen Drucke, auf einen Flächenraum von dem Inhalte der Differenz der größern und kleinern Kolbenfläche gleich sein. Es gehen somit beide Kolben zugleich nieder; der Druck auf den größern nimmt immer mehr ab, so wie sich mit dem Niedergange desselben der Raum, in welchen sich der aus dem kleinen Cylinder überströmende Dampf ausbreitet, mehr und mehr vergrößert; zu gleicher Zeit wird der von vorher unter dem großen Kolben befindliche verdünnte Dampf in den Condensator geführt. Haben beide Kolben ihren tiefsten Stand erreicht, so wird der Zutritt des Dampfes aus dem Kessel über den kleinen Kolben geschlossen, unter demselben geöffnet; der über solchem vom vorigen Spiele vorhandene Dampf strömt unter den großen Kolben, der über letzterem befindliche in den Condensator und das Spiel beginnt von Neuem in umgekehrter Richtung. — Vervollkommnungen dieses Expansionsprinzips haben Atkins und nach ihm Udny hervorgebracht.

Die Expansionsmaschinen der beschriebenen Art bedürfen weniger Brennmaterial als die übrigen, indem sie sich bei gleichem Aufwande in der Leistung zu den doppelt wirkenden Watt'schen ohne Expansion verhalten = 2 : 1, oder, wenn auch letztere einigen Gebrauch von der Expansion machen, wenigstens = 3 : 2, auch wohl nur wie 1,333 : 1. Ferner läßt sich auch ihre absolute Kraft, bei nicht hoher Spannung der Dämpfe, leicht auf einige Zeit steigern, die der Watt'schen aber weniger gut. An und für sich eignen sich jedoch alle Expansionsmaschinen nur für geradlinigte Bewegung, ohne Anbringung eines Schwungrades, indem zu Anfang und zu Ende des Hubes die Geschwindigkeit sehr abnimmt; will man aber ja zur Erzielung eines gleichförmigen Ganges, sich der Schwungräder bedienen, so müssen solche sehr groß sein, welches wiederum solche Maschinen sehr complicirt macht. Da nun die Expansion überhaupt größere Dimensionen verlangt, so werden dadurch die Maschinen theurer, unterliegen leicht Reparaturen, werden schneller abgenutzt, erfordern sehr große Aufmerksamkeit in der Wartung und haben durch die Kolben und durch Abkühlung mehr Dampfverlust: daher sie wenig in allgemeine Anwendung gekommen, ja in England in neuerer Zeit sogar größtentheils wieder abgeworfen sind.

Digitized by Google

Am meisten Vortheil gewährt die Expansion bei den einfachwirkenden Hochdruckmaschinen, so wie sie in den Bergwerken von Cornwall zur Wasserhebung angewendet werden, so wie auch überhaupt bei einfachwirkenden Maschinen. Bei denselben kommt auf eine gleichbleibende Hubhöhe nichts an, und es kann daher der Kolben gerade so weit niedergehen, bis die ganze Kraft verbraucht ist, während dagegen die doppelt wirkende mit rotirender Bewegung stets ein Uebermaaß von Kraft bekommen muß, damit ja der volle Hub zurückgelegt wird und nicht etwa das Schwungrad rückwärts geht. Daher stehen sie gegen die einfach wirkenden sehr zurück, und es gewährt bei ihnen die Expansion in der Regel — und nur mit wenigen Ausnahmen besonders gut gelungener Vorrichtungen zur rechtzeitigen Absperrung — keinen Nutzen.

Die sehr genaue Beschreibung einer Maschine nach dem Woolf'schen Prinzip findet man in dem unten näher citirten Severin'schen Dampfmaschinenwerke, S. 301, und die Abbildungen auf den großen Blättern VII und VIII.

5) Wir wollen nun noch einige andere Systeme von Dampfmaschinen, die jedoch nur wenig oder gar nicht in Anwendung gekommen sind, kurz erwähnen:

Die Perkins'sche Dampfmaschine ist hauptsächlich nur vermöge der Art der Dampferzeugung als ein besonderes System von Dampfmaschinen anzusehen. Sie besitzt keinen eigentlichen Kessel, sondern ein sehr starkes cylindrisches Gefäß, den Generator, welcher, ganz mit Wasser angefüllt, im Feuer liegt. Dieses Wasser soll bis zu einer Erhitzung von 164 bis 186° R. gebracht werden. Wird nun neues Wasser durch eine Druckpumpe in das Gefäß gepreßt, so strömt ein Theil jenes hocherhitzten durch ein Ventil aus, und verwandelt sich augenblicklich, nach Perkins Meinung, in Dampf von 35 Atmosphären Spannung, welcher in den horizontalliegenden Treibcylinder geführt wird; der in diesem gebrauchte Dampf wird ebenfalls condensirt, jedoch nur bis zu Wasser von 142° R. und dasselbe dem Generator wieder zugeführt. Erst ganz neuerlich hat Hr. Perkins wiederum Verbesserungen an seinem Apparate angegeben. (Dingler's Journ. Bd. 60, 241 ꝛc.). Die Perkins'sche Dampfmaschine ist noch nicht im Großen ausgeführt worden und auch nicht gut ausführbar, obgleich sie hinsichtlich der Brennmaterialien-Ersparung sehr große Vortheile gewähren würde.

Ebenfalls nur hauptsächlich durch die Art der Dampferzeugung ein besonderes System bildend, ist die Alban'sche Dampfmaschine. Ihr Dampferzeuger besteht aus mehren 1½ Zoll weiten Röhren von geschmiedetem Eisen oder Kupfer, welche, unten geschlossen, senkrecht neben einander, in einem gußeisernen, mit einer Metallmischung aus 2 Th. Blei und 1 Th. Zinn angefüllten Gefäße stehen, welches ganz vom Feuer umschlossen ist; über die obern Mündungen der Röhren hin, etwa ½ Zoll von denselben entfernt, liegt eine andere, horizontale Röhre mit Wasser angefüllt und jeder Mündung gegenüber mit einer kleinen Oeffnung versehen. Wird nun in diese horizontale Röhre mittelst einer Druckpumpe noch mehr Wasser eingepreßt, so spritzt eben so viel in die senkrechten Röhren ein, welches sich sogleich in hochgespannten Dampf verwandelt, der sich in einer, über dem Deckel des Umhüllungsgefäßes liegenden, Hauptröhre vereinigt, und durch solche nach den Cylindern geführt wird. Es sind nämlich zwei horizontale, mit ihren offenen Obertheilen einander gegenüberliegende, Cylinder, deren Kolben durch eine gemeinschaftliche Kolbenstange verbunden sind. Der Dampf wird abwechselnd unter einen von beiden Kolben geführt und zu gleicher Zeit der in dem gegenüber liegenden Cylinder befindliche condensirt. Die in der Mitte durch Räder unterstützte Kolbenstange erhält dadurch eine hin- und hergehende Bewegung, welche sie auf die in der Mitte angehängten Scheerenstangen u. s. f. überträgt. Das Metallbad schützt die Röhren vor dem unmittelbaren Angriffe des Feuers, so daß sie sich sehr gut erhalten sollen. Die Oeffnungen in der horizontalen Röhre sind so klein, daß, insbesondere bei dem Gegendrucke des sich bildenden Dampfes, kein Wasser von selbst austritt; — das Einspritzen erfolgt mit Hülfe eines Gewichtes und wird daher durch die gegenwirkende Spannung des Dampfes selbst regulirt. Explosionen können hier nur theilweise stattfinden und deßhalb nicht gefährlich werden. — Der in diesem Apparate erzeugte Dampf soll ebenfalls 40 Atmosphären Spannung erlangen. Da die aufrechte Stellung der größten Seitenflächen des Gefäßes das Feuer nicht hinlänglich benutzen ließ, so legte Alban später das Gefäß horizontal. Obgleich weit weniger unausführbar als die Perkins'schen, sind die Alban'schen Dampfmaschinen doch noch nicht in Aufnahme gekommen, obgleich sie große Vortheile in Beziehung auf Ersparung von Brennmaterial und Raum versprechen. (Dingler's Journal, Band 32, S. 1 und 86 ꝛc.).

Endlich erwähnen wir noch der schwingenden oder oscillirenden Dampfmaschinen, welche ihre Entstehung dem Bemühen verdanken, diejenigen Zwischentheile, welche bei der bei weitem größten Mehrzahl von Dampfmaschinen nöthig sind, um den geradlinigen Kolbenhub in eine kreisförmige Bewegung umzuändern, — insbesondere den Balancier, — abzuwerfen, indem dessen Wechselbewegung viel Kraft verzehrt. Bei diesen schwingenden Dampfmaschinen hängt der Cylinder entweder in der Mitte seiner Höhe oder auch am Obertheile, zwischen einem Gerüste in zwei Zapfen, welche zugleich die Dampf-Zu- und Abführungsröhren aufnehmen; die Kolbenstange ist oben unmittelbar mit dem Krummzapfen eines Rades verbunden, dessen Bewegung sie folgt, so daß, indem der auf- und niedersteigende Kolben den Krummzapfen in Umtrieb setzt, der ganze Cylinder die dessen Bewegungen angemessenen Schwingungen macht. Diese Bewegung wird ihm von dem Krummzapfen, bei größern Maschinen mittelst einer auf den Cylinder aufgesetzten Leitung, in welcher die Krummzapfenwarze geht, bei kleinern lediglich durch die Kolbenstange selbst, mitgetheilt.

Schwingende Dampfmaschinen haben sich bis jetzt nur im Kleinen bewährt; sollen sie von irgend einer bedeutendern Größe ausgeführt werden, so ist die Kolbenstange oder deren Leitung dem Biegen leicht unterworfen, daher sie stärker gemacht werden muß; die Stopfbüchse verliert durch die Schwingungen den Schluß, der Kolben arbeitet im Cylinder zwei Seiten mehr aus, als die übrigen, und der Verschluß der Zuleitungsröhren am Cylinder kann nicht dicht erhalten werden. Man wendet sie neuerlich bei den kleinern Dampfbooten an, und wir kommen bei Anwendung der Dampfmaschinen auf die Schifffahrt darauf zurück.

Digitized by Google

Von den wichtigsten einzelnen Theilen der Dampfmaschine.*

Obwohl wir in den obigen Beschreibungen der am gewöhnlichsten angewendeten Dampfmaschinen-Systeme auch der einzelnen Theile mit hinlänglicher Deutlichkeit erwähnt haben, so müssen wir doch auf die hauptsächlichsten derselben nochmals einzeln zurückkommen.

1) Der Cylinder, oder Treibcylinder wird am zweckmäßigsten senkrecht gestellt, und dieß ist auch bei weitem am meisten der Fall; denn in dieser Lage ist die Reibung des Kolbens auf die Seitenwände am gleichförmigsten. Horizontal oder schief liegende Cylinder (letztere bei den schwingenden Dampfmaschinen) sollen daher möglichst vermieden werden, weil sie, indem der Kolben auf die untere Wandfläche mit einem Theile seines Gewichts drückt, folglich hier eine größere Reibung hervorbringt, als an dem obern Theile, einen größern Dampfverlust verursachen, sich ungleich ausschleifen und bald unbrauchbar werden.

Das Verhältniß des Durchmessers zur Höhe des Cylinders, oder vielmehr zur Hubhöhe wird gewöhnlich wie 1 : 2 angenommen, indem alsdann die Abkühlungsfläche die geringste wird; oder man nähert sich diesem Verhältniß, so viel es die Umstände gestatten.

Die Wandstärke des Cylinders kann nach der, weiter oben für gußeiserne Dampfkessel angegebenen Formel berechnet werden, wobei man jedoch wegen des Kolbendrucks den für die Stabilität geltenden Coefficienten 0,1 um die Hälfte größer oder = 0,15 setzt. Sonach ist, nach Prechtl, die Wanddicke des Cylinders, wenn p den Dampfdruck im Kessel über jenem der Atmosphäre, und r den Halbmesser in Zollen bezeichnet

$$= \frac{pr}{800} + 0{,}15 \sqrt{2r}.$$

So ist z. B. für einen Cylinder von 9″ Durchmesser und 4 Atmosphären = 50,92 Pfd. Druck auf den Quadratzoll, die Wanddicke nahe $^3/_4$ Zoll; für einen Cylinder von 30 Zoll Durchmesser und 15 Pfund Druck = 0,86, also etwas höher.

2) Die Ventile, durch welche die periodische Oeffnung und Schließung der Dampfkanäle, oder die Steuerung der Maschine bewirkt wird, bilden einen wichtigen Theil derselben, weil von ihrem richtigen Spiel nicht nur der richtige Gang, sondern auch die Vermeidung von Dampfverlust abhängen. Die Ventile müssen völlig genau schließen und die Oeffnung und Schließung der Dampfkanäle schnell bewirken, weil bei einer zu langsamen Oeffnung während der Zeit, bis die Oeffnung ganz erfolgt ist, derjenige Verlust eintritt, welcher durch die Verringerung der Oeffnung, durch welche der Dampf strömt, entsteht. Die verschiedenen Arten der Ventile sind folgende:

a) Klappen oder Ventile, welche sich auf und nieder bewegen. Eigentliche Klappenventile, welche aus metallenen, auf die Mündung des Kanals aufgeschliffenen, an einem Gewerbe beweglichen Platten bestehen, werden nur in der Luft- und Warmwasserpumpe angebracht; am häufigsten sind die konischen Klappen- oder Kegelventile. Sie sind bei den meisten der auf den Tafeln XVI u. ff. abgebildeten Dampfmaschinen angewendet und ihre Einrichtung wird z. B. aus den Fig. 3 und 4, Taf. XVI, deutlich. Gewöhnlich werden die Kegelventile und ihre Sitze aus Kanonenmetall angefertigt.

Es gehören dazu auch die, auf Taf. XXI abgebildeten sogen. doppelten Setzventile, die bei den großen Wasserhaltungsdampfmaschinen in Cornwall mit so großem Vortheil angewendet werden.

b) Schieber- oder Schubventile (Slide valves, engl., Soupapes à tiroir, franz.) sind bewegliche Büchsen oder Kapseln, durch deren Hin- und Herschieben die Dampfkanäle abwechselnd geöffnet oder geschlossen werden. Die Fig. 4, Taf. XV, zeigt ein solches Schubventil für eine doppeltwirkende Maschine. F ist die Röhre, durch welche die Dämpfe auf den Kolben treten, D diejenige, durch welche sie unter demselben wegströmen und durch G in den Condensator gehen. abcd ist der Schieber, der bei E eine Röhre bildet und mit der Stange O versehen ist, mittelst welcher er gehoben oder niedergedrückt wird. Die beiden Ventile sind bei a und c vorhanden, sie sind vollkommen glatt abgeschliffen und bewegen sich auf den ebenfalls glatt geschliffenen Flächen e und f, die mit dem Cylinder verbunden sind. Zwischen a und c ist in dem Schieber ein Raum gelassen, so daß der bei S in die Dampfbüchse D tretende Dampf den Schieber, ausgenommen bei g und h, gänzlich umgiebt. Der Schieber ist, wie die Fig. zeigt, in seiner höchsten Stellung. Der durch S eindringende Dampf tritt mittelst der Röhre F über den Kolben, während zu gleicher Zeit der Raum unter dem Kolben mit dem Condensator in Verbindung steht. Der Kolben geht nun niederwärts, und an einem gewissen Punkte seiner niedergehenden Bewegung schließt die Fläche a des Schiebers die Oeffnung von F, ehe die Fläche c die bei D geschlossen hat. Ueber den Kolben können daher keine Dämpfe mehr strömen, während der Raum unter demselben noch mit dem Condensator in Verbindung steht. Von diesem Zeitpunkte ab, bis der Kolben den Boden erreicht hat, wirkt der Dampf daher durch Expansion. Da aber nun während der Zeit der Schieber seinen tiefsten Standpunkt erreicht hat, so ist die Oeffnung dem durch S herbeiströmenden Dampf geöffnet, während der Schieber nun unter die Oeffnung F herabgegangen ist und die Verbindung zwischen dem Raum über dem Kolben und dem Condensator mittelst der Röhre E hergestellt ist und der Kolben auf dieselbe Weise in die Höhe geht, wie er niederging. Der Dampf wirkt während des Theils von dem Hube, daß die Oeffnung c durch den Schieber c geschlossen ist, durch Expansion.

Eine Hauptsache bei der Einrichtung dieser und anderer Arten von Schubsteuerungen ist, die Bewegung oder den Schub so kurz als möglich zu machen, ohne deßhalb den Querschnitt der Dampfkanäle zu verringern, weßhalb letztere mehr in die Breite gezogen werden müssen; denn ein langer Schieber würde ein bedeutendes Kraftmoment erfordern. Die Schubventile haben, wegen der Genauigkeit des Anschließens, die sich bei dem allmähligen Abschleifen der reibenden Flächen immer gleich erhält, durch die Leichtigkeit, mit denselben den Dampfkanälen große Querschnitte geben zu können, und durch die Einfachheit ihrer Steuerung manche Vorzüge; allein die bei g und h befindliche Hanfliederung,

* Wir haben bei diesem Abschnitt hauptsächlich Prechtl's Encyclopädie benutzt.

Digitized by Google

durch welche das Andrücken der Enden des Schiebers an die reibende Fläche bewirkt wird, veranlaßt eine baldige Abnutzung der Röhre an diesen Stellen. Dennoch verdient eine solche Einrichtung den Vorzug vor der, bei welcher der Dampf auf die ganze Länge des Schubkastens drückt, wodurch eine sehr bedeutende Reibung entsteht.

c. Die Kolbensteuerung, welche wir bei den Wassersäulenmaschinen kennen lernten, gehört ebenfalls zu den Schiebern, indem sie im Wesentlichen mit diesen übereinkommt und mit ihnen gleiche Vortheile hat. Sie ist jedoch nur für Maschinen von kleinern Dimensionen zu empfehlen, bei denen der Querschnitt der Dampfkanäle noch nicht bedeutend wird. Die Kolben bestehen aus Metall, sind sehr genau abgedreht und bewegen sich in genau ausgebohrten Cylindern.

d. Rotirende Ventile. Das einfachste Ventil dieser Art ist die Drehklappe, nach der Form der Kanals eine runde, um eine durch ihre Mitte nach der Richtung des Durchmessers gehende Axe bewegliche Platte. Sie ist da bequem anzuwenden, wo kein vollkommen dichter Verschluß nöthig ist, sondern nur die Zulassung des Dampfes in größerer oder geringerer Menge beabsichtigt wird. (S. Fig. 3, Taf. XX bei a b).

Die am häufigsten, zumal für Durchgänge von geringerm Querschnitt, angewendeten Ventile dieser Art, sind die Hähne, die gewöhnlich so construirt sind, daß ihr Durchmesser um ein Sechstheil ihrer Länge abnimmt; jedoch ist es bei ihrer Verwendung bei Dampfröhren ein Vortheil, sie nahe cylindrisch zu machen, weil sie sich dann gleichförmiger abnützen und besser schließen. Da bei der Umdrehung des Hahns der Dampf jedesmal auf den ihm entgegen stehenden soliden Theil drückt; so entsteht dadurch nicht nur eine bedeutende Reibung und ein Bestreben, den Hahn um so mehr, je konischer er ist, seitwärts zu schieben; sondern eine ungleiche Abnützung des konischen oder cylindrischen Lagers, das nach und nach eine ovale Form annimmt, weshalb dann der Hahn wieder nachgeschliffen werden muß.

Die für Dampfmaschinen gebräuchlichste Einrichtung dieser Art, ist ein doppelt durchbohrter Hahn, der Vierweg-Hahn (four-way cock), der in Fig. 5, Taf. XVI, im Durchschnitt dargestellt ist. Steht der Hahn b wie in der Figur, so sinkt der Kolben, weil der Dampf durch a über denselben gelangt, und von unten durch z entweichen kann; in der Stellung von A muß der Kolben steigen.

3) Der Kolben. Welchen Einfluß die Kolbenreibung und der durch den Kolben stattfindende Dampfverlust auf den Nutzeffect der Maschine habe, ist schon bemerkt worden. Um möglichst den Dampfverlust zu vermeiden, muß der Kolben sehr dampfdicht schließen, welches aber ohne Vermehrung der Reibung nicht geschehen kann. Der Kolben muß im Verhältniß zu seinem Durchmesser eine hinreichende Dicke erhalten, welche die erforderliche gleichmäßige Leitung desselben in dem Cylinder bewirkt, so daß er bei dem Druck des Dampfes auf denselben seine, auf die Axe des Cylinders senkrechte Stellung auch ohne die Leitung der Kolbenstange behalten würde, wenn auch an einzelnen Theilen seiner Peripherie die Reibung ungleich ist. Zu dem Ende soll das Product aus dem Durchmesser des Kolbens in die Reibung seines Umfanges gleich sein dem Product aus der Dicke desselben in den Druck, der jene Reibung hervorbringt. Wird die Reibung, wie gewöhnlich, als ein Theil des Druckes ausgedrückt, so ist die Kolbendicke gleich dem Durchmesser, multiplicirt mit der Reibung. Für Messing auf Eisen ist die Reibung im Mittel ein Achtel, für die Hanfliederung ein Sechstel des Drucks; folglich ist die geringste Kolbendicke für den ersten Fall $^1/_8$, für den letzten $^1/_6$ des Durchmessers. Da der mittlere Theil der Kolbendicke wenig zur Stetigkeit seiner Bewegungen beiträgt, wohl aber die Reibung vermehrt, so ist es im Allgemeinen besser, dem obern und untern Theil der Kolbendicke den besten Schluß zu geben, den mittlern Theil aber minder dicht zu liedern.

Die Liederung des Kolbens besteht entweder aus Hanf oder aus Metall, und die Hanfliederung ist die gewöhnlichste, wie z. B. in den Durchschnitten Fig. 3 u. 4, Taf. XVI; auch die Liederung des Kolbens der großen Cornwalliser Wasserhaltungsdampfmaschine, Taf. XXI, besteht aus Hanf, und eben so die der Maschinen auf Taf. XVII, XVII und XIX. Die Einrichtung einer solchen Hanfliederung wird aus Fig. 4, Taf. XVI, deutlich. Die Bodenplatte x des Kolbens P paßt so genau in den Cylinder, als es geschehen kann, ohne daß seine freie Bewegung gehindert wird. An diese Bodenplatte ist ein aufrechtstehender und um 1 bis 2 Zoll von der Kante zurücktretender Rand gegossen, so daß zwischen demselben und der Cylinderwand ein ringförmiger Raum entsteht, in welchem ringsum gehechelter langer Hanf, oder leicht gedrehte hanfene Seile, oder aus langem Hanf hierzu eigens locker geflochtene Schnüre oder Zöpfe so dicht und eben als möglich gewickelt, und mittelst des Hammers eingekeilt werden. Der Hanf ist gewöhnlich zu etwa $^1/_4$ Zoll dickem, lockerm Garn oder Schnüren versponnen; 30 bis 36 solcher Schnüre werden zu einem lockern Seile von etwa $1^1/_4$ Zoll Stärke zusammengedreht, und dann 4 oder 5 solcher Seile zu einem flachen Zopfe oder Bande zusammengebunden, welches $1^1/_4$ Zoll Dicke auf $2^1/_4$ Zoll Breite hat, folglich, wenn der ringförmige Raum des Kolbens 2 Zoll beträgt, diese nach seiner Breite ausfüllt. Diese Zöpfe oder Bänder werden nun in den Raum spiralförmig nach der Breite eingelegt, jede einzelne Lage mittelst eines Holzstücks und des Hammers auf die Bodenplatte des Kolbens niedergeschlagen, und mit Einlegungen dieser Windungen auf diese Art fortgefahren, bis der Raum völlig ausgefüllt ist. Die Zöpfe beschmiert man vor dem Einlegen mit Talg, um die Zwischenräume auszufüllen und das Aneinanderpressen zu befördern. Nun wird der Deckel y aufgelegt und mittelst der Schrauben z an das Bodenstück angezogen, wodurch der die Liederung bildende Hanfring nicht nur zusammengepreßt, sondern auch mittelst des an dem Deckel befindlichen Vorsprungs nach außen gegen die Cylinderwand gedrückt wird. Wenn nach längerem Gange der Maschine die Liederung sich abnützt, so werden die Schrauben z nachgezogen, was so lange geschehen kann, als dieselben noch zu wirken vermögen, worauf dann der Kolbendeckel abgenommen und eine neue Lage des Hanfseiles auf die vorige Weise hinzugefügt werden muß.

Die Art und Weise der Befestigung der Kolbenstange in dem Kolben ist auch aus der Abbildung ersichtlich. Das untere Ende der Stange ist konisch geformt und paßt in

Digitized by Google

eine konische Höhlung des Bodenstücks, in welcher sie mittelst eines durchgesteckten Keiles, oder durch eine über dem Deckel angebrachte Schraubenmutter, in welchem Falle die Stange an dieser Stelle mit einem Schraubengewinde versehen ist, befestigt wird. Der Kolben wird während des Ganges der Maschine mit Talg versehen, welcher durch einen, im obern Deckel des Cylinders befindlichen, mit einem Hahn zu sperrenden Trichter von Zeit zu Zeit in den Cylinder eingelassen wird. Eine geringe Zugabe von sehr fein gepulvertem Graphit verbessert die Wirkung der Schmiere, besonders für den Anfang, wenn Cylinder und Kolben noch neu sind. — Eine Vorrichtung, welche den Zweck hat, das jedesmalige Oeffnen des Cylinderdeckels zu vermeiden, wenn der Kolbendeckel nachgeschraubt werden soll, übergehen wir hier, wegen ihrer Beschreibung auf Prechtl's Encyklopädie III. S. 645 ꝛc. verweisend.

Bei der Metallliederung wird der Hanf durch Metallringe ersetzt, welche durch den Dampf und mittelst Federn an die Wände des Cylinders angedrückt werden, so daß sie einen dampfdichten Verschluß bilden. Diese Kolben haben vor den mit Dampf gedichteten den Vorzug einer größern Dauerhaftigkeit, geringern Reibung, und wenn sie sorgfältig hergestellt sind, eines dichtern Verschlusses. Sie erfordern aber eine weit genauere Arbeit und einen vollkommen gebohrten Cylinder. Der beste Kolben dieser Art, der sich durch die Erfahrung in neuerer Zeit hinreichend bewährt hat, ist der Barton'sche, welcher in Fig. 6, Taf. XV, im Grundrisse, und in Fig. 4 im senkrechten Durchschnitt im Cylinder dargestellt worden ist.

Die Bodenplatte des Kolbens ist Gußeisen, und mit derselben zusammen gegossen sind die sechs Arme mit ihren vorspringenden runden Enden, in denen die Schraubenlöcher befindlich sind, die zur Befestigung des Deckels dienen. Diese Arme haben hauptsächlich den Zweck, den Kolben leichter zu machen, indem er, massiv gegossen, sehr schwer sein würde. Die Bodenplatte und der Deckel sind gut concentrisch abgedreht, so daß sie fast genau in den Cylinder hineinpassen, und die obere Seite der Bodenplatte und die untere Seite des Deckels sind sehr glatt abgedreht und abgeschliffen, und der eiserne Ring, in den die Arme des Kolbens auslaufen, und der einen hervorstehenden Rand auf der Bodenplatte bildet, ist ebenfalls genau abgedreht. Der Ring hält die Boden- und die Deckelplatte in einer bestimmten Entfernung von einander. Der ringförmige Raum zwischen beiden wird nun auf folgende Weise ausgefüllt. Ein Ring von Bronze, der etwas weiter als Boden und Deckel des Kolbens und der in vier Segmente, e, e, e, e, Fig. 6, zerschnitten ist, wird in den ringförmigen Raum gelegt. Zwischen den Segmenten liegen 4 dreieckige Keile, ebenfalls aus Bronze, von welchen jeder durch zwei spiralförmige Federn an die beiden Segmente, an denen er anliegt, angedrückt wird. Diese Federn liegen mit beiden Enden in einer cylindrischen Aushöhlung, die sich sowohl in dem Keile, als in dem massiven Stück des Kolbens befindet, damit sie sich frei hin und her bewegen können, ohne sich zu krümmen, zu welchem Ende auch jede dieser Spiralfedern über einen stählernen Stift läuft, der etwas kürzer ist, als die Feder. In die Segmente ist eine Rinne eingedreht, die zur Aufnahme der Schmiere bestimmt ist. In den horizontalen Fugen schließen die Theile dicht aneinander, so daß durch dieselben kein Dampf entweichen kann. Wenn nun der Dampf auf die untere Kolbenfläche drückt, so verbreitet er sich durch die senkrechte Fuge hinter die Segmente und Keile und drückt sie vorwärts; dasselbe geschieht durch andere Fugen, wenn der Dampf auf die obere Kolbenfläche drückt. Der Druck der Federn giebt nun den Segmenten noch den Ueberschuß des Drucks gegen die Cylinderwand, welcher nothwendig ist, um den Durchgang des Dampfes zu hindern. So wie sich die Segmente nach und nach abnützen, treten die Keile zwischen denselben hervor, ihre Spitzen runden sich ab, und indem sie die Oeffnung zwischen den Segmenten ausfüllen, machen sie selbst einen Theil von dem Umkreise des Kolbens aus, ohne Gruben in die Cylinderwand zu arbeiten. — Da die Spiralfedern leicht in Unordnung gerathen, oder sich leicht abnutzen, so hat man statt derselben eine runde, reifförmige Feder angewendet, welche gegen die Keile drückt. Einen ähnlich eingerichteten Kolben, der sehr gute Dienste leistet, findet man in den Verhandlungen des preuß. Gewerbvereins, 1835, Lief. 3, S. 111, auch im polytechn. Centralblatt 1836, Nro. 23, beschrieben. Außerdem giebt es noch eine Menge anders eingerichteter Metallliederungen, wegen deren Beschreibungen ich jedoch auf die unten citirten Werke verweisen muß.

Leitung des Kolbens. — Die cylindrisch gedrehte Kolbenstange läuft in einer Stopfbüchse, die so eingerichtet ist, daß sie dem Dampf keinen Durchgang gestattet. Diese Einrichtung ist aus den Taf. XV ꝛc. und namentlich aus Fig. 4 derselben zu ersehen, und stimmt im Allgemeinen mit der Hanfliederung des Kolbens überein. In die mit Hanf, Baumwolle, Werg ꝛc. gefüllte, mit einer Scheibe versehene Büchse, wird ein die Kolbenstange umgebender, kurzer, ebenfalls mit einer Scheibe versehener Cylinder eingesteckt, dessen oberer Theil in Form einer Schale zur Aufnahme des Fettes ausgehöhlt ist, und mittelst einiger, durch die vorstehenden Scheiben durchgehender Schrauben niedergezogen, wodurch der Hanf gegen die Kolbenstange gepreßt wird. Im Kleinen ist die Büchse mit einer Schraubenmutter versehen, in welche eine durchbohrte Schraube eingeschraubt wird. Eine Metalliederung der Stopfbüchsen hat keine merkbaren Vortheile.

Der Kolben muß in seiner auf- und niederwärts gehenden Bewegung in einer senkrechten Lage erhalten werden, weil sonst ein schädlicher Seitendruck auf die Stopfbüchse und auf die Cylinderwand erfolgen würde, welcher die Reibung vermehrt und die Dichtung vermindert. Es kann dieß entweder durch unmittelbare Leitung oder durch Gegenlenkung geschehen. Bei der ersten Art wird die Kolbenstange mittelst Rollen in einem senkrechten Rahmen, oder mittelst einer senkrechten Stange, wie die Fig. 1 u. 2, Taf. XX, zeigen, auf- und niedergeführt; mit der Are der Rolle, oder mit der Querstange, welche die Leitstange umfaßt, ist eine Stange verbunden, deren unteres Ende mit der an der Are des Schwungrades sitzenden Kurbel in Verbindung ist. Bei dieser Einrichtung geht nichts an Kraft verloren, als die von dem schiefen Drucke der Kurbelstange verursachte Reibung, welche mit der Länge dieser Stange abnimmt. Einige andere, aber mehr zusammengesetzte Vorrichtungen dieser Art zeigen die Fig. 9 und 10, Taf. IV.

Digitized by Google

Am gewöhnlichsten sind die Vorrichtungen mittelst der Gegenlenkung und des Parallelogramms, welche wir zwar schon auf den Taf. XVI—XIX und XXI kennen gelernt haben, die wir aber noch etwas genauer betrachten wollen.

Die erste Art der sogenannten parallelen Lage ist in Fig. 12, Taf. VII, dargestellt. ABH ist die Hälfte des Balanciers, EP die Kolbenstange, welche eine senkrechte, oder sich derselben nähernde Bewegung erhalten soll, indem sich der Balancier um seine Axe A auf und nieder bewegt. Um nun die senkrechte Bewegung zu erlangen, ist eine Stange BD an dem Punkte B beweglich aufgehängt, und mit seinem andern Ende D ist eine andere, längere Stange CD, der sogenannte Lenker (bridle link), ebenfalls mittelst eines beweglichen Punktes C verbunden. Es sei der Stand der Dinge so, daß der Balancier AB und der Lenker CD einander parallel sind, wenn jener horizontal ist, so wird das Verbindungsgelenk BD senkrecht, oder fast senkrecht stehen. Es wird alsdann in BD stets ein Punkt gefunden werden, der von dem Verhältniß der beiden Radien CD und AB abhängt und so, daß, wenn der Balancier auf- und niedergeht, der Punkt so senkrecht bleibt, als es praktische Zwecke erfordern.

Wenn CD = AB, wie es gewöhnlich in der Praxis der Fall ist, so ist BE = ED und mit dem Punkt E ist das Ende der Kolbenstange verbunden.

Mehre Mechaniker haben lange mathematische Entwickelungen gemacht, um das Verhältniß von BE zu ED zu bestimmen, wenn das von CD zu AB gegeben ist, oder umgekehrt dieses zu finden, wenn jenes gegeben ist; allein jedenfalls werden die Verhältnisse besser durch Construction gefunden.

Ist das Verhältniß zwischen AB und CD gegeben, so findet man den Punkt E, nach Tredgold's Angabe, auf folgende Weise. Es verhalte sich AB : CD = m : n; man ziehe alsdann von der Zahl n die halbe Quadratwurzel aus ihrem vierfachen Quadrat, minus 1, für eine erste Zahl ab; ebenso von der Zahl m die Hälfte der Quadratwurzel aus ihrem vierfachen Quadrat, minus 1, für eine zweite Zahl; dann dividire man die erste Zahl durch die zu der zweiten addirte, und der mit BD, d. h. mit der Länge des Gelenks, multiplicirte Quotient wird die Entfernung der Punkte E und B angeben; d. h.

$$BE = \frac{BD\,[n - \sqrt{(n^2 - 0{,}25)}]}{[m - \sqrt{(m^2 - 0{,}25)}] + [n - \sqrt{(n^2 - 0{,}25)}]}$$

Man wird leicht einsehen, daß die auf diese Weise hervorgebrachte Bewegung nur annähernd, aber nicht genau parallel ist. Bestimmt man aber die Verhältnisse so, daß der Punkt E in der höchsten, in der horizontalen und in der niedrigsten Stellung des Balanciers, in einer senkrechten Linie liegt, so wird die Abweichung außerhalb dieser Punkte sehr geringfügig sein. Man kennt diese Vorrichtung unter dem Namen des Gegenlenkers.

Fig. 13 stellt diejenige Gegenlenkung vor, welche gewöhnlich das Parallelogramm genannt, und in der Regel bei den doppelt wirkenden Dampfmaschinen angewendet wird, indem der so eben beschriebene Gegenlenker nur für Maschinen mit geringem Hub zweckmäßig ist. Um den festliegenden Mittelpunkt A dreht sich der Balancier AB.

Bei B wird ein Stab BD eingeliedert, bei C ein zweiter CE = BD ebenfalls beweglich eingehängt, und die Endpunkte E und D dieser beiden Stäbe sind mit DE = BC verbunden, so daß BCDE in jeder Lage von AB ein Parallelogramm bilden. Der Punkt D, an welchen die Kolbenstange P angehängt ist, soll sich hier in der senkrechten Linie bewegen, und dieß wird durch den Hebel EG, der bei G seinen festen Punkt hat, und bei E mit CE um eine gemeinschaftliche Axe läuft, erreicht. Ferner ist zu beobachten, daß der Punkt B, wenn AB horizontal ist, von der senkrechten Linie eben so weit auswärts abstehen muß, als er in seinem höchsten oder tiefsten Stande von derselben einwärts gegen A hin entfernt liegt; daß also die Senkrechte den Sinusversus des größten Ausschweifungswinkels von AB halbirt.

Um den Drehungspunkt G des Hebels EG zu finden, zeichne man sich die Lage des Parallelogramms im höchsten, mittlern und tiefsten Stande, lege D jedesmal in die Senkrechte, und bemerke den Punkt, wohin E fällt. Zu diesen drei verschiedenen Lagen des Punktes E suche man den Kreismittelpunkt, und man wird dadurch mit G die Länge von EG finden.

EG wird immer horizontal sein, wenn AB horizontal liegt, und übrigens AB gleiche Ausschweifungswinkel über und unter der Horizontallinie macht. Wäre BC = ½ AB, so würde auch EG = BC = ½ AB werden, und G fiele mit D in der horizontalen Lage zusammen; da jedoch dieses Verhältniß zwischen den Hebelarmen schwer ausführbar ist, weil gewöhnlich an jeder Seite des Balanciers AB ein Parallelogramm angebracht wird, deren gleichliegende Drehungspunkte mittelst Axen verbunden sind, so muß G außerhalb oder innerhalb der senkrechten Linie zu liegen kommen, weil sonst die Bewegung der Axe des Punktes D gehindert würde. Nimmt man BC kleiner als ½ AB, so wird G außerhalb der Senkrechten fallen, EG den beiden Parallelogrammen seitwärts liegen, und entweder nur auf einer Seite, besser aber auf beiden, oder doppelt angelegt werden können. Wird BC größer als ½ AB, so liegt G von der Senkrechten gegen A hin, und kann zweifach zwischen den beiden Parallelogrammen angebracht sein, wenn übrigens der Arm AB nicht so weit abwärts ausschweift, daß dessen Bewegung durch G gehindert würde. Daß der Gang des Punktes D in einer von der Senkrechten äußerst wenig abweichenden Linie erfolgen muß, bringt die Construction mit sich; denn D liegt beim höchsten, mittlern und tiefsten Stande von AB immer in der Senkrechten, daher auch bei seinen Zwischenbewegungen immer sehr nahe an jener Linie.

In den Verhältnissen der Längen der verschiedenen Hebel und Stäbe herrscht eine große Verschiedenheit. Die Theile BD = CE dürfen, wenn die Bewegung von bedeutender Länge und die Abweichung unbedeutend sein soll, nie zu kurz genommen werden. Im Allgemeinen soll die Bewegung 20° nicht überschreiten, und dieß ist nahe der Fall, wenn AB sich zur Länge des Kolbenhubes wie 3 : 2 verhält. Folgende Tafel zeigt eilf verschiedene Verhältnisse und Anordnungen von Parallelogrammen, die von englischen Dampfmaschinen der besten Einrichtung genommen sind. Die Maße sind in Zollen.

Digitized by Google

Nro.	Länge des Kolbenhubes.	Länge des Balanciers AB.	Länge von DE=BG.	Länge von CE=DB.	Länge des Lenkers EG.
1	96	147	69	42	78
2	72	120	50	28	96
3	72	110	55	31,5	55
4	48	90	41	20	60
5	48	84	38	19	60
6	48	84	36	20	54
7	48	72	41	18	25
8	45,6	76	40	28	36
9	36	60	37	12	15,66
10	24	37	16	9	26
11	23	36	16	12	26

Eine andere Anordnung werden wir noch weiter unten bei den Dampfschiffen kennen lernen.

4) Die Condensirung der Dämpfe geschieht in den bis jetzt beschriebenen Maschinen stets durch Einspritzung von kaltem Wasser; eine Condensirung ohne diese Injection würde aber viele Vortheile gewähren. Die Luftpumpe wäre dann entbehrlich. Das condensirte Dampfwasser wäre rein und luftleer, wie destillirtes Wasser, und würde, stets wieder in den Kessel zurückgeführt, fast alle Reinigung desselben unnöthig machen; ein Umstand, der besonders bei Dampfschiffen, die das Meer befahren, sehr wichtig sein müßte.

Unter den Versuchen einer solchen Condensation verdient besonders die des verstorbenen Mechanikus Freund zu Berlin einer besondern Erwähnung, da nach diesem Prinzip eine ganze Reihe sehr ausgezeichneter Maschinen erbaut worden sind. Der Condensator besteht aus langen, hin- und herlaufenden, kupfernen Röhren in einem Wasserkasten von gußeisernen Platten. Er wird durch die kalte Wasserpumpe mit kaltem Wasser versehen, das stets von unten eintritt. Das Condensationswasser wird durch die Luft- und die Wasserpumpe gehoben und dem Kessel zugeführt. Dampfmaschinen nach dem Freund'schen Prinzip findet man beschrieben und abgebildet in dem Severin'schen Werke, S. 290 ꝛc. und auf Blatt VI, und in Gilberts Annalen vom Jahre 1821, Stück I, S. 49 ꝛc.

Von der Leistung der Dampfmaschinen.*

Wie wir schon oben bei den physikalischen Eigenschaften des Dampfes bemerkten, wird die Spannung desselben, wie er im Kessel erzeugt wird, nach Atmosphären oder nach Zollen Quecksilberhöhe bezeichnet. Die Stärke des Dampfes an und für sich aber wird gewöhnlich nach Pferdekräften bestimmt. Obgleich wir schon weiter oben auseinandergesetzt haben, was darunter zu verstehen sei, so müssen wir doch noch einmal näher darauf zurückkommen, weil die Angaben darüber unter sich sehr verschieden sind.

Leslie ermittelte eine Pferdekraft zu 35860 Fuß, Pfund engl. = 37438,8 Fuß, Pfund sächsisch (Leipziger

* Nach dem Hausleriçon, II, 425 ꝛc.

Gewicht und Dresdner Maaß) pro Minute; d. h. die Kraft eines Pferdes reicht nach Leslie hin, in 1 Minute 35860 engl. Pfunde auf 1 engl. Fuß Höhe, oder umgekehrt: 1 engl. Pfund auf 35860 engl. Fuß Höhe zu heben. Smeaton dagegen nur zu 22916 Fuß, Pfund engl. = 23925 Fuß, Pfund sächs. Die Franzosen setzen sie häufig zu 28000 franz. Fußen und Pfunden = 33625 Fuß, Pfund sächs., oder zu 4500 Kilogr. auf 1 Meter Höhe gehoben = 33975 Fuß, Pfund sächs. Die gewöhnlichste und allgemeinste Annahme bleibt immer die von Watt zu 33000 Fuß, Pfund engl. = 34446,5 Fuß, Pfund sächs. Da aber sonach bei betreffenden Angaben immer noch ein Zweifel darüber entstehen kann, was für Pferdekräfte gemeint sind, so dürfte die in Frankreich unter den wissenschaftlichen Technikern immer mehr in Gebrauch kommende Art der Abschätzung nach Dynamen, d. i. 100 Kilogr. pro Minute auf 1 Meter Höhe gehoben, d. i. 755 Fuß sächs., wegen ihrer Bestimmtheit und Gemeinverständlichkeit wohl allgemeiner Beachtung und Annahme verdienen.

Ermittelt wird die Kraft einer Dampfmaschine: 1) aus dem Flächeninhalte (oder dem Durchmesser) des Kolbens; 2) dem wirksamen Drucke auf denselben; 3) der Höhe des Kolbenhubes und 4) der Anzahl Kolbenspiele pro Secunde (ganzer, aus einem Auf- und einem Niedergange, und halber, blos aus einem von beiden bestehend), oder überhaupt, der aus 3 und 4 berechneten Geschwindigkeit in Fußen. Die Stärke des Dampfdruckes auf den Kolben wird pro Quadrat-, besser aber pro Kreiszoll (0,7854 des erstern), angegeben, weil sich alsdann der Druck auf den ganzen Kolben weit leichter aus dem Durchmesser des letztern berechnen läßt; der Kolbenhub wird in Fußen angesetzt; das Product sämmtlicher Größen durch die Stärke einer Pferdekraft oder einer Dynameneinheit dividirt, giebt die Stärke der Dynamen in einem oder dem andern Maaße. Der Druck des Dampfes im Kessel wird am besten aus dem Manometer erkannt; bei einem gewöhnlichen, zweischenkeligen, im äußern Schenkel oben offenen Manometer wird, abgesehen von dem zeitweiligen Zustande der Atmosphäre, — der unter Dampf angeführten Tabelle zufolge — jede Erhebung des Queckfilbers über den Nullpunkt von 1 Centimeter = 0,02718 Kilogrammen pro Quadrat-Centimeter; von 1 Zoll Dresdener = 0,76478 Leipziger Pfund pro Leipziger Quadratzoll; von 1 preuß. Zoll = 1,03986 preuß. Pfund; von 1 Wiener Zoll = 1,0935 Wiener Pfund; von 1 engl. Zoll = 0,98262 Pfund avoir-du-poids — Ueberdruck des Dampfes über den Atmosphärendruck anzeigen. — Abgesehen von der Größe der Maschinen — indem bei größern Maschinen, bei welchen die Hindernißlast verhältnißmäßig kleiner, die Leistung daher etwas größer ist als bei kleinen, — können folgende Formeln für eine allgemeine Ueberschlagung der mittlern Nutzleistungen der verschiedenen Dynamen-Systeme dienen. Wenn P den Druck des Dampfes im Kessel, p den der Atmosphäre, beide pro Kreiszoll, d den Cylinderdurchmesser in Zollen, V die Kolbengeschwindigkeit in Fußen pro Minute, w den Coefficienten der gesammten Hindernißlast bedeutet, so ist die Nutzleistung pro Minute:

1) Bei Hochdruckmaschinen ohne Condensation und Expansion, $K = (P\,[1 - w] - p)\,V d^2$ und

Digitized by Google

allgemein kann w für Maschinen von 4—5 Atmosphären Spannung = 0,4, daher 1 — w = 0,6 gesetzt werden.

2) Bei Hochdruckmaschinen ohne Condensation, aber mit Expansion ist, wenn n den Expansions-Coefficienten, d. h. $\frac{1}{n}$ denjenigen Theil des Kolbenhubes bezeichnet, bei welchem der Dampf abgeschlossen wird, $K = Vd^2 [P (\frac{1 + \text{log. nat. } n}{n} - w) - p]$; für die vortheilhafteste Expansion ist aber $n = \frac{P}{wP + o}$, daher in diesem Falle $K = \frac{V.d^2P}{n}$. log. nat. n.

3) Bei Hochdruckmaschinen mit Expansion und zwei Cylindern ist, wenn V die Geschwindigkeit des kleinen Kolbens, m . n die Verhältnißzahl des Inhaltes des großen Cylinders gegen den kleinen bedeutet: $K = Pd^2 V [1 + \text{log. nat. } m . n - m . n \frac{wP + p}{P}]$, oder wenn mn ebenfalls, als das vortheilhafteste Verhältniß zwischen beiden $= \frac{P}{wP + p}$, so wird $K = PVd^2$ log. nat. m . n. Für die gewöhnliche Spannung ist w = 0,5338.*

4) Atmosphärische Maschinen mit Condensation im Cylinder berechnen sich nach Tredgold $K = \frac{Vd^2P}{2}$. 0,52, wo P ebenfalls den Atmosphärendruck pro Kreiszoll bezeichnet.

5) Atmosphärische Maschinen mit Condensation außerhalb des Cylinders, $K = \frac{Vd^2P}{2}$. 0,542.

6) Einfach wirkende Watt'sche Maschinen (wo P wieder der Dampfdruck im Kessel ist) $K = \frac{Vd^2P}{2}$. 0,6.

7) Einfach wirkende Watt'sche Maschinen mit Expansion, wenn n die obige Bedeutung hat, $K = \frac{Vd^2P}{2 . n}$. [log. nat. n + (n — 2)], nach Prechtl; vorausgesetzt, daß, wenn p' den Gegendruck der unvollkommen condensirten Dämpfe unter dem Kolben, w den Hinderniß-Coefficienten bedeutet (gewöhnlich = 0,4), $n = \frac{P}{P(1 + w) + p'}$ gemacht ist, was für die gewöhnlichsten Fälle n = 1,333 giebt.

8) Die Nutzleistung der doppelt wirkenden Watt'schen Maschinen ohne Expansion berechnet sich ganz einfach $K = Vd^2 P . 0,632$.

* Sehr praktische Formeln und Tafeln zur Berechnung des dynamischen Effects der Dampfmaschinen mit Expansion, findet man im polytechn. Centralblatte 1836, S. 778 und 1837, S. 731 ꝛc.

9) Doppelt wirkende Watt'sche Maschinen mit Expansion, wenn n wieder $= \frac{P}{wP + p'}$, wie ad 2, $K = \frac{Vd^2P}{n}$. log. nat. n, wo w = 0,368 zu sein pflegt.

10) Doppelt wirkende Expansionsmaschinen mit zwei Cylindern, wo mn wieder die Capacität des großen Cylinders gegen den kleinen bezeichnet und $= \frac{P}{wP + p'}$ zu machen ist, geben K, wie ad 3 $= Vd^2 P$ log. nat. mn, worin w = 0,52 zu sein pflegt.

Der Querschnitt der Kolbenstange ist nur bei ganz kleinen Dampfmaschinen und bei hoher Dampfspannung bei der Berechnung der Druckes auf den Kolben, in Anschlag zu bringen. Der Gegendruck der uncondensirten Dämpfe wird durch das Manometer am Condensator gemessen. Noch eine practische Formel zur Ausmittelung der Stärke gewöhnlicher doppeltwirkender Watt'scher Dampfmaschinen in englischem Maaße und Gewichte ist, wenn P den nutzbaren Dampfdruck auf den englischen Quadratzoll Kolbenfläche, d den Durchmesser des Kolbens in Zollen, h die Hubhöhe in Fußen, v die Anzahl der Spiele pro Minnte, n die Anzahl Pferdekräfte bedeutet (zu 33000 Fuß, Pfund), $n = 0,0000476 d^2 h v . P$ und umgekehrt $P = 6,904736 + 0,0060606 . n$.

Werden Dampfmaschinen blos zur Wasserhebung gebraucht, oder ist man überhaupt durch keine Rücksichten gebunden, so ist es vortheilhafter, dieselben schneller, mit weniger Last, als langsamer, mit mehr gehen zu lassen. Ueber 3 bis 4 Fuß Geschwindigkeit pro Secunde ist es nicht räthlich, ihnen zu geben. Zu Förderungsmaschinen sind doppelt wirkende zu wählen; sie erleiden indeß durch das öftere Anhalten und Umsteuern mehr Kraftverlust als andere, und erfordern deßhalb mehr Brennmaterial. Dampfwagen auf Eisenbahnen arbeiten mit hohem Drucke, zuweilen mit Expansion. Maschinen auf Dampfbooten sind am sichersten von niederem Drucke; sie erfüllen dabei ihren Zweck so gut, daß, der Erfahrung zufolge, dergleichen Boote schon, bei nur 8 Pfund nützlichem Dampfdrucke pro Quadratzoll, in der Stunde 11 englische Meilen — 968 Fuß pro Minute — zurückgelegt haben. Bei Baumwollenspinnereien mit doppelt wirkenden Maschinen von niederem Drucke sind, nach Tred'gold, auf jede Pferdekraft 100 Spindeln, nebst den Vorbereitungsmaschinen, giebt die englische Nummer des Fadens, addirt zu der Zahl 15, das Ganze multiplicirt mit 8, die Anzahl der durch eine Pferdekraft bewegten Spindeln; bei der französischen Art der Nummerirung ist die Fadennummer + 1,8, die Summe multiplicirt mit $\frac{200}{3}$, die Anzahl Spindeln pro Pferdekraft. Eine Pferdekraft treibt 12 Webstühle mit den Vorbereitungsmaschinen.* Bei Getreide-

* Nach Ure (Baumwollenmanufacturwesen, meine Uebersetzung S. 185) treibt eine Pferdekraft: 500 Mulespindeln, oder 300 selbstwirkende Spindeln, oder 180 Drosselspindeln, oder 8 bis 10 Webestühle mit den erforderlichen Schlichtmaschinen. Herr

Digitized by Google

mühlen werden mit 1 Volumen englischer oder französischer Steinkohlen, nach Verhältniß der Größe der Dampfmaschinen 5 — 8 höchstens 10 Volumen Weitzen gemahlen. Im Allgemeinen erfordert 1 Mahlgang von englischer, gehörig vollkommener Einrichtung an und für sich 4 oder besser 5 Pferdekräfte und giebt, bei Mühlsteinen von 4 englischen Fuß Durchmesser mit 120 Umläufen pro Minute in 24 Stunden 9840 bis 10400 Pfund Schrot, woraus 5760 Pfund Weitzen- oder feines Rockenmehl gewonnen werden. Außerdem erfordert aber eine solche Mühle noch die nöthige Kraft für die Siebe und sonstige Reinigungs-Maschinen. *

Brennmaterial-Erforderniss.

Die Angaben darüber sind sehr verschieden; am unzuverlässigsten die von den Dampfmaschinen in den englischen Gruben und deren Leistungen, welche durch eine falsche Berechnungsweise unverhältnißmäßig hoch angegeben werden. Die zuverlässigste der noch jetzt allgemein gültigen Annahmen ist die von Boulton, daß 1 Bushel (81 bis 88 Pf.) englische Steinkohlen 20 Millionen Fuß, Pfund Kraft, oder 10 Stunden lang eine englische Pferdekraft leistet; durch gute Wartung kann diese Leistung bis auf 36 Millionen gesteigert, bei längerem Gebrauche der Dampfmaschine auch bis 16 bis 18 Millionen herabgezogen werden; die Newcomen'sche Maschine leistet mit 1 Bushel 9 bis 10 Millionen, die Woolf'sche im besten Zustande 26 bis 41, aber auch bis 78, die Atkins'sche soll sich gegen die Woolf'sche verhalten = 1,165 : 1, nach Atkins selbst = 1,3 : 1. — Eine Pferdekraft wird also bei Watt'schen Maschinen täglich 2,4 Bushel = 0,8136 Dresdner Scheffel englische, oder mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Güte der Kohlen = 1,6272 Dresdner Scheffel Dresdner Steinkohlen erfordern.

Wenn man den Werth der englischen Kohlen als Brennmaterial = 1 setzt, so ist, der Erfahrung nach, der der Lütticher = $^2/_3$ bis $^3/_4$, der der Dresdner = $^1/_2$ zu setzen. Holz und Torf leisten, bei gleichem Gewichte, im Mittel, $^1/_3$ von dem, was letztere Steinkohle; gute geformte Braunkohle $^4/_6$ so viel als gute, oder eben so viel als mittelmäßige Dresdner Kohle. Nach andern bewährten Erfahrungen erfordert, mit Rücksicht auf das Anfeuern ꝛc., eine Watt'sche Maschine von n Pferdekräften pro Stunde = 6,25 + 10,9375 . n Pfund Lütticher Steinkohlen; da nun diese wenigstens $^1/_3$ mehr Werth haben als Dresdener, 1 Dresdener Scheffel Dresdener Schmiedekohlen aber 210 Pfund wiegt, so giebt dies 0,03968253 + 0,06944444 . n Dresdener Scheffel Dresdener Schmiedekohlen, oder 0,95238 + $^5/_6$ n Dresdner Scheffel in 24 Stunden. Angestellten Versuchen zufolge kann für das jedesmalige erste Anfeuern in Fabriken, nach 12stündigem Stillstande $^1/_{10}$ des für die 12stündige Arbeitszeit erforderlichen Quantums angesetzt werden. Im Allgemeinen nimmt der verhältnißmäßige Verbrauch an Brennmaterial bis zu der Stärke von 100 Pferdekräften und 60 Zoll Cylinderdurchmesser nach und nach, wegen der verhältnißmäßig geringeren Kolbenreibung und des mindern Dampfverlustes in den schädlichen Räumen, ab, von da an aufwärts aber nicht mehr, weil dann einerseits der Unterschied unbedeutend wird, andererseits der Kolben nicht mehr so leicht ganz dampfdicht herzustellen ist.

Bennet (das. 187) fand in der Fabrik von Beaver in Manchester 15 Stühle ohne Schlichtmaschine; in der Fabrik von Birtie das. 417 bis 540 Spindeln (in verschiedenen Mulemaschinen) von einer Pferdekraft getrieben. In der Fabrik von Clark das. wurden 11 Webestühle von 1 Pferdekraft getrieben u. s. w. Wir kommen in der 2. Abth. des 2. Bds. darauf zurück.

* Wir machen unsere Leser hier auf zwei sehr wichtige Abhandlungen aufmerksam: Emil Köchlin „Ueber die Dampfmaschinen und vergleichende Versuche mit verschiedenen Systemen derselben, in Dinglers Journal, Bd. 62, S. 161 ꝛc., und Joseph Köchlin Bericht über die vorhergehende Abhandlung, daselbst S. 242 ꝛc.

Von der Benutzung der Dampfmaschinen im Allgemeinen und zur Schifffahrt insbesondere.

Die Erfindung der Dampfmaschinen bezeichnet nicht allein eine neue Epoche in der Geschichte der Mechanik, sondern mit der Einführung derselben beginnt auch eine neue Zeitrechnung in der Geschichte der Industrie. Ihre Anwendung ist jetzt unübersehbar, und wir würden mehrer Bogen bedürfen, um nur die wichtigsten namhaft zu machen und die Dienste aufzuzählen, die sie leisten; denn in der Dampfmaschine haben wir ein Mittel gefunden, an allen Orten da, wo nur einiges Wasser und Brennstoff vorhanden sind, uns jede erforderliche Kraft selbst zu erzeugen. Die Dampfmaschine arbeitet, wo und wie man will, unabhängig und anhaltend; ihre Kraft läßt sich leicht und unbedingt mindern und steigern.

Hier wird mit der Dampfmaschine eine große Kornmühle in Bewegung gesetzt, dort prägt eine andere Geld: an andern Orten heben ganze Dutzende riesenmäßiger Maschinen das Wasser aus den Bergwerken, und ohne ihre so mächtige Hülfe könnten dieselben gar nicht betrieben werden. Andere Dampfmaschinen fördern Erze und Steinkohlen zu Tage, treiben Gebläse und Walzwerke; noch andere verrichten sehr verschiedenartige Dienste in Brauereien, Brennereien, Zuckersiedereien u. s. w. Die verschiedenartigsten Dreh- und Bohrmaschinen gehen durch ihre Hülfe; unzählige Webestühle, viele hundert Spinnereien werden durch sie betrieben; sie formen Papierbögen, drucken Bücher, bedrucken Kattune; sehr viele dienen beim Landbau. Bei der Schifffahrt ersetzen sie die mächtige aber unstete Kraft der Atmosphäre, beim Landtransport die Pferde, bei den Feuerspritzen endlich liefern sie eine unermüdliche Kraft zur Unterdrückung von Feuersbrünsten, kurz die Dampfmaschine ist gegenwärtig die Seele der Industrie und des Handels.

Die wichtigsten Arten der Anwendung der Dampfmaschine werden wir in den folgenden vier Abtheilungen unseres Werkes kennen lernen; von den Dampfwagen werden wir in der dritten Abtheilung des ersten Bandes, wo wir von den Eisenbahnen handeln, speciell reden; ihre so wichtige Anwendung auf die Schifffahrt wird uns dagegen hier noch beschäftigen.

Allgemeine Einrichtung der Dampfschiffe. *

Man kann vier Arten von Dampfschiffen unterscheiden:

* Mit Benutzung des Werkes von Bernoulli.

Digitized by Google

a) eigentliche Dampfschiffe, oder solche, die, wie andere Schiffe, Reisende oder Waaren tragen, jedoch durch eine Dampfmaschine fortgetrieben werden;

b) Bugsirschiffe (remorqueurs), oder solche, die, wie jene, durch Dampf bewegt werden, allein nicht selbst Ladung führen, sondern dazu dienen, andere Schiffe am Schlepptau fortzuziehen;

c) Dampffähren, oder Dampfboote, die blos zur Ueberfahrt über Flüsse oder Buchten dienen, und

d) Dampfstauer (toueurs) oder Schiffe, die sich fortziehen, indem mit Hülfe einer darauf befindlichen Dampfmaschine ein Seil aufgewunden wird, das irgendwo am Ufer befestigt ist.

Wir betrachten hier zunächst die eigentlichen Dampfschiffe, zu welcher Klasse bei weitem die meisten gehören.

Alle diese Schiffe werden mittelst Ruderrädern fortgetrieben, indem die Dampfmaschine eine Kurbel oder Verkröpfung umtreibt, mit der die Radwelle versehen ist.

Im Allgemeinen hat jedes Schiff zwei solcher Ruderräder, die in der Regel an derselben Welle zu beiden Seiten des Schiffes befestigt sind. Gewöhnlich liegt die Welle zwischen der Mitte und $^1/_3$ vom Vordertheil des Schiffes, da die schwere Dampfmaschine so viel als möglich die Mitte desselben einnimmt. Wenige Schiffe haben nur ein Rad, oder wohl gar vier.

Die meisten neuern Schiffe haben zwei Maschinen und die Radwelle hat dann zwei Verkröpfungen, die einander senkrecht gegenüber stehen, so daß die eine Triebstange stets die günstigste Lage hat, wenn die andern den todten Punkt erreicht.

Die ältern und die meisten amerikanischen Schiffe haben jedoch nur eine Maschine. Es ist dann, um die Unregelmäßigkeit der Kraft auszugleichen, ein Schwungrad angebracht, oder es wird das eine Ruderrad mit einem eisernen Kranze versehen, so daß es einigermaßen als Schwungrad wirkt.

Die meisten Dampfschiffe haben Maschinen von niedriger oder mittlerer Pressung, und alle Kessel von inwendiger Feuerung. Wenige Maschinen arbeiten mit hohem Druck, denn obgleich Hochdruckmaschinen mit Expansion und mit oder ohne Condensation große Vortheile gewähren würden, so erfordern doch andererseits die Expansionsmaschinen zu hohe Cylinder, und bringen eine größere Ungleichheit der Bewegung hervor, welche beide bei Dampfschiffen unzweckmäßig sind.

Die Maschinen müssen eine sehr bedeutende Kraft haben, wenn das Schiff bei ruhigem Wasser so schnell, wie ein mit gutem Winde segelndes, fahren soll, oder stromaufwärts, da eine auf dem Schiffe selbst befindliche Kraft meist an 3mal weniger, als eine gleiche vom Ufer her ziehende Kraft vermag. Auf 3 bis 5 Tonnen Ladung rechnet man gewöhnlich 1 Pferdekraft, und häufig arbeitet die Maschine mit gesteigerter Kraft, wenn gleich das Schiff lange nicht die volle Ladung hat.

Daher ist die ganze Maschinerie sehr schwer, und beträgt (Maschine, Kessel, Wasser und Räder) meistens 1 bis $1^1/_4$ Tonne auf die Pferdekraft, oder gegen $^1/_3$ oder $^1/_4$ der vollen Ladung. Nur bei Hochdruckmaschinen mit kleinen Kesseln beträgt das Gewicht nur $^3/_4$ Tonne auf die Pferdekraft. Dazu kommt dann noch der, zumal bei längern Reisen bedeutende Vorrath an Brennmaterial.

Die meisten europäischen Dampfschiffe verbrennen Steinkohlen, die amerikanischen mehrentheils Holz. Der Brennmaterialienverbrauch ist in der Regel weit größer, als bei gewöhnlichen Dampfmaschinen; man kann meist 12 und oft 15 und mehr Pfund Steinkohlen in der Stunde und auf die Pferdekraft rechnen, weil einerseits diese Maschinen oft übermäßig arbeiten müssen, und andererseits Dampfverlust weniger zu verhindern ist. Die Dampfcylinder stehen gewöhnlich senkrecht, und die Kolbenstangen wirken theils mittelst eines Balanciers, theils mittelst Gelenkstangen auf die Kurbeln. Einige Schiffe haben aber auch horizontale oder schiefliegende, und einige neuere schwingende Cylinder.

Die wenigsten Schiffmaschinen haben einen Regulator, weil Gleichförmigkeit der Kraft hier weniger nöthig ist; desto wichtiger ist hingegen ein Barometer oder Manometer, um zu jeder Zeit die Stärke des Dampfdrucks wahrnehmen zu können. Die Kessel bestehen aus Eisen- oder Kupferblech.

Die Ruderräder haben 8 bis 12 hölzerne oder blecherne Schaufeln, welche ungefähr wie die der unterschlächtigen Wasserräder befestigt sind, und ihr Durchmesser beträgt gewöhnlich zwischen 12 und 16 Fuß. Sie müssen natürlich so hoch liegen, daß nur die untersten Schaufeln in das Wasser eintauchen. Beim Ein- und Austauchen flach liegender Schaufeln geht stets etwas Kraft verloren, und man hat daher vielfach eine Einrichtung versucht, welche das Wenden der Schaufeln möglich macht; gewöhnlich litt aber dabei die nothwendige Festigkeit. Mehre Schiffe sind jedoch mit solchen Rädern versehen, die wir weiter unten noch näher kennen lernen werden.

Sollen die Radschaufeln eine Kraft auf das Wasser äußern, so müssen sie offenbar eine größere Geschwindigkeit haben, als das Schiff, und selbst die des innern Randes der Schaufeln muß noch etwas größer sein. Bei geringerer Geschwindigkeit würde dieser Theil der Schaufel eine rückwirkende Kraft ausüben. Es ergiebt sich daraus, daß die Schaufeln eine bestimmte Umfangsgeschwindigkeit erhalten müssen, und daß sie außerdem nicht zu breit sein dürfen. Viele sehen die doppelte Geschwindigkeit für die vortheilhafteste an, jedoch läßt sich darüber nichts festsetzen.

Bei einem Durchmesser von 14 Fuß hat das Rad 44 Fuß Umfang; sollte es damit, wenn das Schiff 8 Fuß in der Secunde zurücklegt, 16 Fuß durchlaufen, so müßte es in der Minute $\frac{16 \times 60}{44}$ oder an 22 Umgänge machen, und der Kolben also auch eben so viel Doppelhübe. Wären die Schaufeln 2 Fuß breit, so hätte der innere Rand derselben immer noch eine Geschwindigkeit von 12 Fuß. Sie käme hingegen der des Schiffes gleich, wenn die des äußern Randes nur 8 Fuß betrüge. Da die relative Geschwindigkeit der Schaufeln an keine bestimmte Regeln gebunden ist, so kann auch für die Größe der Schaufeln keine allgemeine Vorschrift gelten.

Bei gleich gebauten Schiffen und gleicher Geschwindigkeit richtet sich der Widerstand nach der Größe des größten eintauchenden Querschnitts, und dieser fände sich, wäre er ein Rechteck, wenn man die Breite des Schiffs mit der eintauchenden Tiefe multiplicirte. Einige schreiben für die

Digitized by Google

Schaufelfläche $^1/_{10}$ oder $^1/_{12}$ jenes Querschnittes vor, und betrüge dieser also z. B. 60 Quadratfuß, so müßte jede Schaufel 5 bis 6 Quadratfuß groß sein, oder bei 2 Fuß Breite etwa 3 Fuß lang. Bei 10 amerikanischen Schiffen aber, deren Dimensionen Marestier in seinem weiter unten näher aufgeführten Werke angiebt, fand er die Schaufeln von $^1/_8$ bis $^1/_{11}$ variirend.

Der Bau der Dampfschiffe hat übrigens wenig Eigenthümliches, auch brauchen sie nicht massiver als Schiffe mit Segeln zu sein; die amerikanischen sind in der Regel sogar sehr leicht gebaut. Die meisten, welche das Meer oder Seen befahren sollen, werden aber zugleich mit Masten und Segeln versehen.

Früher waren die Dampfschiffe insgemein sehr flach gebaut, und auch jetzt haben sie meistens einen sehr scharfen Kiel, damit sie weniger tief gehen. Die meisten sind 4 bis 5mal länger als breit. Gewöhnlich ruht die Maschine auf dem Boden des Schiffs. Bei Reisebooten ist der vordere und hintere Raum in mehre Säle abgetheilt und bei den meisten mit großer Eleganz zur Aufnahme der Reisenden eingerichtet.

Die Geschwindigkeit der Dampfschiffe ist nach ihrem Bau, nach der verhältnißmäßigen Stärke der Maschinen und nach der Ladung sehr verschieden. Auf Seen oder Meeren legen viele 7 bis 9 engl. Meilen (von denen 4,6 auf eine deutsche gehen) zurück. Haben die Schiffe Segel, so kann man dadurch auf langen Reisen auf eine Beschleunigung von etwa $1^1/_2$ engl. Meilen rechnen.

Auf Flüssen wird die effective Geschwindigkeit um die des Flusses beim Aufwärtsfahren vermindert, beim Abwärtsfahren vermehrt. Ein Schiff mit 8 Fuß Geschwindigkeit in stillem Wasser würde also auf einem Fluß, der 5 Fuß Strömung hat, 3 Fuß in der Secunde stromauf, und 13 Fuß stromab zurücklegen. Es ist daraus auch klar, daß Flußschiffe nothwendig eine bedeutende Kraft haben müssen; denn vermögte die Maschine in dem obigen Falle nur eine Geschwindigkeit von 5 Fuß zu erzeugen, so würde das Schiff stromauf gar nicht weiter kommen, und alle Arbeit daher vergeblich sein. Da anderseits aber, wie wir gleich sehen werden, alle Beschleunigung eine ungleich stärkere Kraft und also auch einen weit größern Aufwand an Brennmaterial erfordert, so ist begreiflich, 1) daß es beim Stromaufffahren am vortheilhaftesten ist, wenn die absolute Geschwindigkeit des Schiffes halb so groß, als die Strömung ist (d. h. daß es in der Secunde 3 Fuß weit fahre, wenn der Fluß 6 Fuß Strömung hat), und 2) daß eine zu große Strömung die Dampfschifffahrt zuletzt unmöglich machen muß.

Die Construction der Bugsirschiffe weicht von der der gewöhnlichen Dampfschiffe nicht wesentlich ab. Die Anwendung solcher Schiffe ist von mehren Mechanikern als absolut vortheilhafter empfohlen worden; es ist indessen nicht einzusehen, daß auf diese Weise mit derselben Kraft eine größere Last transportirt werden kann. Sie mögen also nur bei gewissen Lokalverhältnissen vorzuziehen sein. Vertheilt man nämlich die Ladung auf mehre besondere Schiffe, so können diese kleiner sein, nicht so tief tauchen, und daher vortheilhafter construirt sein. Eben so kann man sie laden, während das Bugsirschiff andere Schiffe zieht u. s. w.

Die Dampffähren haben gewöhnlich einen abweichenden Bau. Sie bestehen in der Regel aus zwei an einander gekuppelten Schiffen, zwischen welchen ein einziges Ruderrad befindlich ist, und die ganze Breite des Verdecks beträgt dann fast die Hälfte der Länge. Da die Fahrt dieser Schiffe meist sehr kurz ist, so müssen Vorrichtungen vorhanden sein, um ihre Bewegung leicht und schnell hemmen zu können, welches fast allgemein dadurch geschieht, daß man den Rädern eine umgekehrte Bewegung ertheilt.

Dampfstaufschiffe sind, unsers Wissens nach, bis jetzt nur auf der Rhone in Anwendung gekommen, und sind auch wohl nur auf sehr reißenden Flüssen zu empfehlen. Die Kraft einer Maschine, die ein am Ufer befestigtes Seil aufwindet, hat zwar unstreitig eine weit vortheilhaftere Wirkung, als wenn sie Ruderräder treibt, und ein Schiff würde sich auf diese Weise mit ungleich geringerer Kraft einen Fluß aufwärts ziehen; da das Zugseil aber von Station zu Station voraustransportirt werden muß, so ist dieß Verfahren ungemein lästig und langsam. *

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Dampfschiffe wenden wir uns nun zu der nähern Betrachtung der Maschinerie eines solchen.

Taf. XXII, Fig. 1 und 3 und Taf. XXIII, Fig. 2, sind der Grundriß und die Durchschnitte von dem engl. Marine-Dampfboot Phönix von 820 Tonnen Gehalt mit 2 Dampfmaschinen, von denen jede 110 Pferdekraft hat, und die von Maudslay in London erbaut sind. AA ist der Kiel des Schiffs, BB das Hauptgezimmer, und CC das obere Deck, welches jedoch in den Abbildungen, da wo die Maschine und der Kessel vorhanden sind, weggelassen worden ist. Vier Balken von großer Stärke, DDDD, dehnen sich der ganzen Länge des Schiffes nach aus, und tragen die Maschinen und die Kessel. Die Stärke dieser Balken ist von Wichtigkeit, um die von den Maschinen hervorgebrachten Erschütterungen über eine möglichst große Oberfläche zu verbreiten. Auf dem Phönix stehen die Maschinen mit ihren Cylindern nach dem Vordertheil des Schiffes zu. Auf dem später erbauten Dampfschiff Medea ist dies anders, die Maschinen stehen weiter nach dem Stern des Schiffes, vor den Kesseln. Dadurch kommt die Ruderradwelle mehr vorwärts zu liegen, welches für vortheilhaft erachtet wird. FF sind die vier Kessel, die auf solche Weise neben einander stehen, daß jede beliebige Zahl derselben benutzt werden kann. Es werden höchstens nur drei gebraucht, wenn das Maximum der Dampfmenge erforderlich ist; einer steht dann immer in Reserve, für den Fall, daß an irgend einem von den andern eine Reparatur vorfiele. Die Heißräume liegen gewöhnlich, wie auch bei aa, Fig. 1, an dem vordern Theil der Kessel. Bei einigen englischen Dampfschiffen liegen sie hinten, oder die Kessel sind vielmehr umgekehrt, um die Heißräume so nahe als möglich den Kohlenkammern GGG zu bringen und den Transport der Steinkohlen nach dem Vordertheil des Kessels zu vermeiden. Jedoch ist eine solche Einrichtung nicht dem Zweck entsprechend gefunden worden, da wegen der engen Lage der erforderliche Luftzutritt fehlt. Bei einigen Dampfschiffen werden zwei Kessel vorn und zwei hinten gefeuert;

* Eine genauere Beschreibung dieser Schiffe findet man in dem unten näher citirten Werke von Tourasse und Meller.

Digitized by Google

allein die zweckmäßigste Einrichtung ist die, wenn die Feuerung vorn erfolgt.

Die Construction der Kessel ist bei Schiffen und Maschinen von verschiedenen Dimensionen verschieden; zuweilen, wie z. B. auf unsern Abbildungen, sind sie quadratisch, zuweilen haben sie die Gestalt des Schiffes, oder sie sind cylindrisch. Das Feuer circulirt durch Züge, die mehrmals von einem Ende des Kessels zu dem andern gehen, so daß so viel Wärme, als nur möglich, abgesetzt wird, ehe die Flamme und der Rauch in die Esse HH gelangen. Der mit I bezeichnete Theil ist ein Dampfbehälter, von welchem aus der Dampf, mittelst der Dampfleitung SS dem Cylinder zugeführt wird. KK ist die Röhre, durch welche der aus dem Sicherheitsventil entweichende Dampf abzieht.

Die Maschine bedarf nur einer kurzen Beschreibung, da sie von den gewöhnlichen Maschinen von niederm Druck nur in der Anordnung der Theile verschieden ist. Jede Maschine hat zwei Balanciers, bb, die unter dem Cylinder liegen, an jeder Seite einen, die durch Seitenstangen mit einer Querstange an der Kolbenstange verbunden sind. Die parallele Bewegung wird durch horizontale Stangen cc bewirkt, deren eines Ende durch ein Gelenk mit den Seitenstangen der Balanciers, und deren anderes mit einer kleinen Kurbel verbunden ist, die durch ihre Drehung die Abweichung von der geraden Linie gestattet und die parallele Bewegung erhält. Die andern Enden der beiden Balanciers einer Maschine sind durch eine Querstange vereinigt, mit der die Kurbelstange in Verbindung steht. Die Kurbel der Schiffsmaschinen ist gewöhnlich von der bei den auf dem Lande benutzten etwas verschieden, indem sie durch die Stöße, welche plötzliche Wellen gegen die Ruderräder verursachen, leicht zerbrechen könnten, wenn sie mittelst eines, durch beide gehenden Nagels verbunden wären. Es ist daher ein Zwischenstück, in England Triebgelenk (driving link) genannt, angebracht, bei e, Fig. 2, dargestellt, welches nicht allein die Kurbel sichert, sondern auch den Stoß von der Maschine abhält. Zuweilen wird auch Ziehgelenk (drag link) angewendet, welches von dem obigen blos dadurch abweicht, daß es an der entgegengesetzten Seite der Maschinenkurbel angebracht ist, so daß es die andere nach sich zieht, statt sie schiebt. Die Luftpumpe ist bei f angebracht; sie wird durch eine Querstange und durch mit den Balanciers verbundene Seitenstangen in Betrieb gesetzt. d ist das Schieberventil, welches seine Bewegung von der excentrischen Scheibe g, an der Kurbelwelle erlangt. h ist der Condensator und k ein cylindrisches Gefäß, welches den Warmwasserkasten bildet; seine Höhe ist deshalb erforderlich, daß durch die Bewegung des Schiffes das Wasser nicht verschüttet wird. Um Undeutlichkeiten in den Abbildungen zu vermeiden, sind zwei Theile der Maschine weggelassen worden, die wir jedoch erwähnen müssen, nämlich die Pumpe, welche den Kessel mit Wasser speißt, und die Bodenpumpe (bilge pump). Sie sind zu beiden Seiten der Querstange der Luftpumpe angebracht, so daß ihre Kolbenstangen durch einen vorspringenden Theil derselben gehen und, wenn es erforderlich ist, durch eine Schraube in der Querstange in Betrieb gesetzt werden können.

PPP, sind die beiden Ruderräder; jedes derselben hat zwei Zapfenlager, eins in den Wänden des Schiffes und

das andere in dem Gehäuse der Räder. III sind kleine, gußeiserne, mit der Welle verbundene Scheiben mit Zapfenlöchern, zur Aufnahme der schmiedeeisernen Arme mmm u. s. w. Diese Arme sind ferner durch die platten schmiedeeisernen Reifen gesichert, die an ihren Enden festgeschroben sind, und bei den größern Rädern dieser Art, wie die abgebildeten, geht ungefähr um zwei Drittel ihrer Länge ein zweiter Reif zu noch größerer Sicherheit. Die Arme gehen gewöhnlich als Radien von dem Mittelpunkte aus; bei einigen neuerlich von Herrn Maudslay construirten Rädern ist dieß aber nicht der Fall, indem die Arme von Punkten, die etwas von dem Mittelpunkt entfernt sind, ausgehen. Es ist dies in der Absicht geschehen, den Winkel zu vermindern, unter welchem sie ins Wasser treten, um die Stöße von der Maschine abzuhalten, welche erfolgen, wenn die Schaufeln das Wasser unter einem zu stumpfen Winkel treffen. Die Schaufeln bestehen aus ungefähr zwei Zoll starken Brettern, welche durch Schraubenbolzen mit den Armen verbunden sind. Das eine Ende der Bolzen ist mit einem Haken versehen, der über den schmiedeeisernen Arm greift; das andere Ende geht durch das Rad und hat zwei Muttern, eine über der andern, welches deshalb nöthig ist, weil die Schaufeln wegen der steten Erschütterungen und Stöße sonst sehr leicht lose werden würden.

Seit einigen Jahren ist bei den Dampfschiffen der englischen Admiralität ein Ruderrad in Anwendung gekommen, welches Morgan's Rad genannt wird. Der Zweck, den man damit erreichen will, ist der, die Schaufeln zu veranlassen, daß sie das Wasser in einer fast senkrechten Richtung, statt unter einem Winkel treffen. Man vermeidet dadurch die nachtheiligen Stöße, welche die Maschine durch die Schaufeln der gewöhnlichen Räder erhält, besonders wenn jene etwas tief im Wasser gehen. Auch erlangt man durch diese Räder eine schnellere Bewegung des Schiffes. Eine Schaufel, die stets senkrecht wirkt, ist lange als ein Bedürfniß angesehen und es sind in dieser Beziehung zahlreiche Erfindungen gemacht worden, die jedoch im Allgemeinen so verwickelt und mit so großer Friction und Zerbrechlichkeit begleitet waren, daß sie keine allgemeine praktische Anwendung gestatteten. Morgan's Räder sind unstreitig die einfachsten dieser Art und dennoch erfordern sie sehr häufige Reparaturen, welches ihren Werth wesentlich vermindert.

Wir sehen dieses Ruderrad in Fig. 4, auf Taf. XXIII. Das Eigenthümliche besteht darin, daß sich das Rad, welches die Schaufeln trägt, um einen Mittelpunkt dreht, und die Halbmesserarme, welche die Schaufeln bewegen, sich um einen andern drehen. Es sei ABCDEFGHI der polygonische Umfang des Schaufelrades, der aus geraden Stangen besteht, welche mit den Endpunkten der Speichen des Rades verbunden sind. Das Rad dreht sich um die von der Maschine bewegte Axe und sein Mittelpunkt ist bei O. In sofern gleicht dieses Rad dem gewöhnlichen Ruderrade; aber die Schaufeln sind nicht, wie bei diesem, bei ABC u. s. w. befestigt, um sich immer nach dem Mittelpunkte O zu richten, sondern so gestellt, daß sie sich um Axen drehen, die stets horizontal sind, und sie können daher in jedem beliebigen Winkel gegen das Wasser gestellt werden. Von den Mittelpunkten, um welche diese Schaufeln

Digitized by Google

sich drehen, gehen kurze Arme, K aus die an die Schaufeln unter einem Winkel von ungefähr 120° befestigt sind. Eine diesem Arme gegebene Bewegung wird daher der Schaufel eine übereinstimmende Winkelbewegung mittheilen, so daß sie sich um ihre Axe dreht. An den Endpunkten der Arme K befindet sich ein Zapfen, an welchen die Enden der Halbmesserarme L befestigt sind, so daß der Winkel zwischen jedem Arme L und dem kurzen Schaufelarm K durch jede, dem Arme L mitgetheilte Bewegung verändert werden kann. Die Arme L sind am andern Ende mit dem Centrum P verbunden, um welches sie sich drehen können. Da nun die Punkte ABC u. s. w. die Zapfen, um welche die Schaufeln sich drehen, im Umfange eines Kreises bewegt werden, dessen Mittelpunkt O ist, so sind sie stets in gleicher Entfernung von diesem Punkte und werden daher beständig ihre Entfernung von dem andern Centrum P verändern. Kommt nun eine Schaufel in ihrer Umdrehung zu dem Punkte, wo das Centrum P genau zwischen ihr und dem Centrum O liegt, so ist ihre Entfernung von P geringer als in jeder andern Stellung. Verläßt sie diesen Punkt, so wird die Entfernung von dem Centrum P allmählig größer, bis sie in ihrer Umdrehung auf den entgegengesetzten Punkt kommt, wo das Centrum O zwischen ihr und P ist, und dann ist ihre Entfernung von P am größten. Diese beständige Veränderung der Entfernung zwischen jeder Schaufel und dem Mittelpunkte P stimmt überein mit der Veränderung des Winkels zwischen dem Arme L und dem kurzen Schaufelarme K; wenn die Schaufel sich dem Mittelpunkte P nähert, so vermindert sich der Winkel allmählig, und wenn die Entfernung der Schaufel von P zunimmt, so wird auch der Winkel größer. Diese Veränderung der Größe des Winkels, welche sich nach der wechselnden Stellung der Schaufel gegen das Centrum P richtet, sehen wir in der Figur. Die Schaufel D ist P am nächsten, und wir sehen, daß der Winkel zwischen L und K sehr spitz ist. Bei E wird der Winkel zwischen L und K größer, ist aber noch immer ein spitzer; bei F wird er zu einem rechten Winkel, bei G wird er stumpf, und bei K, wo er am weitesten vom Centrum P entfernt ist, wird er sehr stumpf. Er vermindert sich wieder bei I und wird zwischen A und B ein rechter Winkel. Diese beständige Veränderung der Richtung des kurzen Arms K ist nothwendig von einer gleichmäßigen Veränderung in der Stellung der mit ihm verbundenen Schaufel begleitet, und dem zweiten Centrum P kann eine solche Stellung gegeben werden, daß die Schaufel, wenn sie in das Wasser eintritt und aus demselben wieder hervortaucht, zur Forttreibung des Schiffes am vortheilhaftesten wirkt und daher jener Schwingung nicht sehr ausgesetzt ist, die hauptsächlich daraus entsteht, daß das Wasser durch die schräge Wirkung der Schaufeln abwechselnd gedrückt und gehoben wird.

Maudslay's schwingende Maschine. — Unter den neuern Vervollkommnungen der Dampfböte, muß auch die Anwendung von Maudslay's schwingenden Maschinen, von denen wir schon weiter oben im Allgemeinen redeten, erwähnt werden, indem dadurch Gewicht, Platz und Kosten erspart worden sind, da eine solche Maschine weit weniger Platz einnimmt, als eine gewöhnliche mit Balanciers, aus wenigern Theilen besteht und daher auch leichter und wohlfeiler ist.

Fig. 5, Taf. XXIII, ist ein Aufriß von Maudslay's schwingender Dampfmaschine, welche von den frühern dieser Art nur darin verschieden ist, daß man bei ihr ein Schiebventil angewendet hat. AAA ist ein starkes gußeisernes Gerüst, welches in dem Zapfenlager bei B, die hohlen cylindrischen Zapfen und oben die Welle der Maschine trägt. CCC ist der Cylinder, welcher bei DD von einem hohlen Gürtel umgeben ist. Das eine Ende desselben steht mit dem entgegengesetzten hohlen Zapfen der Maschine und mit dem obern und untern Ende des Cylinders durch flache Röhren, FF, in Verbindung. Das Schieberventil, CC, ist zwischen diese Röhren an den Cylinder festgeschroben. Auf demselben sind zwei Leisten, aa, bb, angebracht, die als Leitungen für die Stangen dienen, welche den Schieber bewegen. Der mit ee bezeichnete Theil des Schiebventilgehäuses ist kleiner, um zu der Liederung des untern Ventils gelangen zu können, welches dadurch geschieht, daß man den Rand dd aufschraubt und losmacht. Die Art und Weise, wie das Schieberventil mittelst der excentrischen Scheibe bewegt wird, ist aus der Abbildung deutlich und bedarf daher keiner weitern Beschreibung. Die innere Einrichtung des Ventils und des Cylinders gleicht andern ähnlichen Dampfmaschinen und kann daher ebenfalls übergangen werden. Die Wirkung der Maschine ist folgende: Bei dem Niedergange des Kolbens dringen die Dämpfe durch den hohlen Zapfen H und das Schieberventil über denselben, während der Raum darunter mittelst des hohlen Gürtels und der flachen Röhre dem Condensator geöffnet ist. Gelangt der Kolben an das untere Ende des Hubes, so treten gerade die umgekehrten Verhältnisse ein.

Wenn doppelte Maschinen angewendet werden, wie es bei Dampfschiffen gewöhnlich der Fall ist, so stehen die Luftpumpe und der Condensator zwischen den beiden Cylindern und werden durch die Kurbelwelle bewegt, welche die beiden Maschinen verbindet.

Mehre Maschinen der beschriebenen Art sind auf kleinern Dampfschiffen angebracht und entsprechen dem Zweck vollkommen; bei größern Schiffen sind sie aber nicht anwendbar.

Herr Galy Cazalat macht in seinem trefflichen Werke über die Dampfschiffe mehre Vorschläge zu Verbesserungen, sowohl der Kessel als der Maschinen. Der Kessel besteht aus mehren Röhren und flachen Räumen, in denen das Wasser durch mehre umgebende Züge sehr stark und schnell verdampft wird und bei dem besonders eine große Sicherheit berücksichtigt ist, zumal er Dämpfe von hohem Druck erzeugt. Jedoch würde es uns hier zu weit führen, ihn speziell zu beschreiben, und verweisen daher unsere Leser auf das Werk selbst (S. 147 ꝛc.) und auf das polytechnische Centralblatt, 1837, Nr. 45, in welchem die Beschreibung und Abbildung dieses gewiß trefflichen und sehr interessanten Apparates auch aufgenommen worden ist. — Auch eine andere Einrichtung der Maschine schlägt Hr. Galy Cazalat vor; die Cylinder derselben sollen horizontal liegen, weshalb sie ohne Nachtheil möglichst lang sein und die Hochdruckdämpfe mit Expansion wirken können. Die Kolbenstangen gehen zu beiden Seiten durch Stopfbüchsen und bewegen zu beiden Seiten gekröpfte Wellen, an denen vier Ruderräder sitzen. Jedoch müssen wir auch wegen der Maschine auf das Werk selbst verweisen.

Digitized by Google

Eine der größten Schwierigkeiten bei der Anwendung der Dampfmaschine auf die Schiffahrt entsteht aus der Nothwendigkeit, den Kessel mit Meerwasser speisen zu müssen, welches eine Menge Salz- und erdige Theile absetzt. Wir redeten schon weiter oben bei der Beschreibung der Dampfkessel von den Mitteln zur Verhütung dieser Niederschläge, die aber oft wenig oder gar nicht wirksam sind. Man sann daher auf Mittel, den Dampf ohne Einspritzung zu condensiren, und der Engländer Sam. Hall schlug einen Condensator vor, den schon Watt 1776 im Allgemeinen kannte, aber nicht ausführte, den aber der Mechaniker Freund in Berlin, wie schon bemerkt, bei einer Menge von Maschinen, jedoch in etwas verschiedener Form, angewendet hat. Hall's Condensator besteht aus vielen engen Röhren, die in einem Behälter mit kaltem Wasser befindlich sind. Kommt der Dampf aus dem Cylinder, nachdem er den Kolben getrieben hat, so tritt er in diese Röhren, deren kalte Oberfläche ihn sogleich verdichtet. Er fließt als Wasser in die Röhren nieder, wird durch die Luftpumpe gehoben, und auf die gewöhnliche Weise einem Behälter zugeführt, der den Kessel speißt. Die Condensatorröhren haben eine senkrechte Stellung, und der Dampf strömt aus dem Cylinder in den obern Theil des Condensators, der ein niedriger flacher Behälter ist, in dessen Boden die obern Enden der Röhren eingelassen sind. Unten endigen sie in einem ähnlichen Behältniß, in welchem das Wasser aufgefangen wird.

Es liegt am Tage, daß man auf dem Meere stets einen unbeschränkten Zufluß von kaltem Wasser erlangen kann, so daß durch die Röhren eine möglichst vollkommene Condensation erlangt werden kann. Das durch dieselbe erhaltene Wasser ist rein, so daß der Kessel gar keine Stoffe erhält, die sich niederschlagen, oder eine Rinde ansetzen und nachtheilig auf ihn wirken. Die geringe Menge von Wasser, die durch Lecke verloren geht, wird in Hall's Maschine durch eine einfache Vorrichtung ersetzt, in welcher eine hinlängliche Menge von Seewasser destillirt werden kann. Auf diese Weise wird an Feuermaterial erspart, die Kessel leiden weniger, indem sie gegen die zerstörenden Einwirkungen der Niederschläge geschützt sind, und die Kraft der Maschine wird verstärkt. Es sind in England eine Menge von Dampfschiffen entweder mit Maschinen nach Hall's Grundsätzen, oder die ältern mit seinem Condensator versehen, und ihre Leistungen sind sehr zufriedenstellend. Es wird in dem Condensator ein, zu allen praktischen Zwecken vollkommen hinreichender luftleerer Raum erzeugt, in dem die Barometerprobe 29, 29½, ja selbst 30 engl. Zoll angiebt. — Das durch das Sicherheitsventil, beim Anhalten des Fahrzeugs oder bei einer geringern Arbeit der Maschine, als Dampf entweichende Wasser, wird durch eine mit jenem Ventil in Verbindung gebrachte Röhre wieder dem Condensator zugeführt, damit auf diese Weise die Speisewasser nicht vermindert werden. — Wegen mancher andern neuen Verbesserungen bei der Dampfschifffahrt, welche jedoch noch nicht hinlänglich durch die Praxis erprobt sind, müssen wir auf Dingler's Journal und auf das polyt. Centralblatt verweisen. — Ueber die Einrichtung der Dampfschiffe selbst konnten hier nur allgemeine Bemerkungen gemacht werden, da der Plan des Werks es nur gestattete, von den dieselben in Bewegung setzenden Dampfmaschinen zu reden.

Es bleibt uns nun noch übrig, von einer Anwendung des Dampfes, nämlich von der zur

Heitzung

zu reden. Es werden dabei die zu erheitzenden Flächen mit Wasserdampf erwärmt. Zu dem Ende wird in einem gewöhnlichen Dampfkessel eine hinreichende Menge Dampf entwickelt, welcher sich in die von dem Kessel auslaufende Röhre verbreitet, von welcher aus er in Röhren oder verschieden gestalteten Gefäßen in die zu beheitzenden Zimmerräume geleitet wird. Die bewegende Kraft, welche den Dampf in den Röhren auf unbestimmte Entfernung hin forttreibt, ist die in dem Kessel statt findende Spannung oder Elasticität, welche dem Dampfe vermöge seiner Temperatur eigenthümlich ist. In den Röhren oder Behältern, welche mit der zu erwärmenden Luft umgeben sind, condensirt sich der Wasserdampf, indem er die Wärme, die ihm die Dampfgestalt verschaffte, an die kühlern Wände der Röhren oder Behälter absetzt, und in Wasser von 80° R. übergeht, das aus den Röhren wieder in den Kessel zur neuen Verdampfung zurückgeführt wird. Ein Pfund Dampf von 80° R. enthält so viel Wärme, als hinreichend wäre, die Temperatur von 1 Pfund Wasser von 0° um 520° zu erhöhen; wenn also der Dampf sich zu Wasser von 80° R. condensirt, so giebt er 440° Wärme an die abzukühlende Fläche ab. Man hat ferner durch die Erfahrung gefunden, daß 1 Kubikfuß von dem Kessel mehr als 2000 Kubikfuß Raum in einer Fabrik bis auf 19° R. erheitzen und in dieser Temperatur erhalten kann. Rechnet man nun 25 Kubikfuß Wasser in einem gewöhnlichen Watt'schen Kessel gleich einer Pferdekraft, so würden die Dämpfe von jener Quantität 50000 Kubikfuß Raum zu erwärmen im Stande sein. Man hat ferner gefunden, daß ein Quadratfuß Oberfläche von einer gußeisernen Röhre 200 Kubikfuß Luft erwärmt.

Die Heitzröhren werden entweder horizontal, mit einiger Senkung wegen des Ablaufs des Wassers in der Richtung, nach welcher sich der Dampf bewegt, oder senkrecht angebracht. Die horizontalen Röhren erwärmen etwas besser, als die senkrechten, schon darum, weil sich ihre Heitzfläche mehr im untern Zimmerraum befindet. Sonst ist es vorzuziehen, Heitzcylinder in der Form von Oefen oder kurzen Säulen anzuwenden. In den durch zwei verbundene concentrische Cylinder gebildeten Zwischenraum wird mittelst einer Zuleitungsröhre, die von der Hauptleitungsröhre abgeht, der Dampf eingeleitet, und eine zweite, am Boden befindliche Röhre leitet das Condensirungswasser in die zu dessen Zurückführung bestimmte Röhre ab. Diesen Behältern kann übrigens jede beliebige Form gegeben werden. Die zu leitende Seitenröhre wird mit einem Hahn versehen, so daß man beliebig jeden einzelnen Heitzapparat eines Zimmers von der allgemeinen Dampfleitung absperren kann. Die Röhren müssen frei aufgehängt sein, und müssen sich unter den Veränderungen der Temperatur ausdehnen und zusammenziehen können; daher es am besten ist, daß ihr eines Ende mit einer schwanenhalsartig gebogenen Röhre von Kupfer- oder Eisenblech verbunden ist.

Bei der Anlage der Leitungsröhren ist vorzüglich darauf zu sehen, 1) daß die horizontalen nach der Richtung, in welcher der Dampf in denselben fortgeht, so viel Rei-

Digitized by Google

gung erhalten (etwa $^1/_{100}$ der Länge), daß das Condensirungswasser in denselben in der Richtung, in welcher der Dampf strömt, sich fortbewegen kann. Fließt das Wasser gegen die Richtung des Dampfstromes zurück, so wird es von letzterm aufgehalten, zurückgeschoben, und eine schädliche Einengung veranlaßt. 2) Daß das Condensirungswasser daher jederzeit in eigenen Wasserröhren gegen den Kessel zurückgeführt werde; 3) daß in den horizontalen Dampfleitungsröhren abwärts gehende Biegungen oder Säcke vermieden werden, in denen sich das Wasser ansammeln und stehen bleiben kann, weil es dann die Dampfleitung sperrt oder wenigstens sehr hindert; 4) daß die Luft, welche durch den eindringenden Dampf aus der Stelle getrieben wird, am Ende der Röhre, mittelst eines, sich nach auswärts öffnenden Ventils, entweichen könne, weil sie sich sonst an den Enden der Röhren anhäuft, und hier dem Dampf den Eintritt verwehrt, so daß dieser Theil der Röhren ungeheizt bleibt. 5) Ebenso muß, wenn die Dampfentwickelung im Kessel aufhört, folglich durch die Condensation des Dampfes in den Röhren ein luftleerer Raum entsteht, die Luft an den Enden derselben, mittelst eines sich nach einwärts öffnenden Ventiles, einströmen können, um diesen Raum auszufüllen, was besonders bei blechernen Röhren, die nicht stark genug sind, um dem äußern Luftdrucke zu widerstehen, nothwendig ist; bei gußeisernen Röhren aber, die nicht zusammengedrückt werden, unterlassen werden kann.

Die Kessel für den Dampfheizungsapparat werden entweder viereckig oder cylindrisch, mit den Sicherheitsventilen und Nachfüllungsapparaten, ganz nach der weiter oben angegebenen Einrichtung hergestellt. Der Druck des Dampfes im Kessel oder der Ueberschuß seiner Elasticität über den Druck der Atmosphäre, dient blos zur Beschleunigung des Dampfes in den Röhren, daher letztere den gehörigen Durchmesser haben müssen, damit zur Erlangung der gehörigen Geschwindigkeit für dieselbe Dampfmenge kein zu großer Druck erforderlich sei. Gewöhnlich giebt man den gußeisernen Dampfröhren, wenn sie zugleich Heizröhren sind, einen Durchmesser von 4 Zoll und eine Wanddicke von $^1/_2$ Zoll.

Die Figur 6, Tafel XXIII, stellt die Anlage einer Dampfheizung in einer Spinnerei vor, aus welcher die bei einer solchen Ausführung nöthigen Details näher eingesehen werden können. 1, 2, 3 und 4 sind die Stockwerke der Spinnerei; D ist der Dampfkessel mit seinem Sicherheitsventile und dem Füllungsapparate. Er liegt in dem besondern Gebäude B und der Rauch wird durch die Esse G abgeleitet. Der Dampf geht in die senkrechte Röhre A, mit welcher die vier horizontalen Röhren S in Verbindung stehn. Die Luft, welche diese Röhren enthielten, wird durch sich nach auswärts öffnende Ventile ausgetrieben. Durch dieselben Ventile kann auch etwas Dampf austreten, wenn der Andrang zu stark wird. Es ist jede einzelne Röhre mit einem Ventil versehen, damit einzelne derselben abgesperrt, oder außer Gebrauch gesetzt werden können, ohne daß eine Unterbrechung im Ganzen entsteht. Das durch Condensirung des Dampfes entstehende Wasser geht durch die dünne, senkrechte, und dann horizontale oder etwas abfallende Röhre CC in den Kessel zurück. Der Eintritt des Dampfes aus der senkrechten Röhre A in die horizontalen S, S &c. kann durch die am Anfang der letztern

angebrachten Drehklappen regulirt, oder auch ganz abgeschlossen werden. Es kann durch diese Klappen nicht nur die Temperatur jedes einzelnen Raumes nach der Menge des Dampfes, den man eintreten läßt, regulirt werden, sondern sie sind auch zur gleichmäßigen Vertheilung des Dampfes in die einzelnen horizontalen Röhren nothwendig, weil der Dampf in die Röhren der untern Stockwerke leichter und bei gleichen Oeffnungen in größerer Menge einströmt, als in die höher liegenden, daher die Oeffnung der Röhre mittelst der Drehung oder Stellung der Klappe um so mehr verengt werden muß, je tiefer die horizontale Dampfröhre liegt, damit der gleichmäßige Zufluß hergestellt werde. Die horizontalen Dampfröhren bestehen aus Gußeisen, haben Ränder oder Flantschen, zwischen welche in gekochtem Leinöl getränkte Papierringe gelegt, und welche zusammengeschroben werden. Die Hauptleitungsröhre A erhält einen etwas größern Durchmesser. Die senkrechte Wasserröhre C besteht am besten aus zusammengelöthetem Kupferblech, die horizontale aus Blei. W ist ein Wasserbehälter, aus welchem das Gebäude mit Wasser versorgt werden kann.

Soll eine Reihe von Zimmern in demselben Stocke durch Dampf geheizt werden, so legt man die Hauptleitungsröhre horizontal (mit dem nöthigen Falle) längs derselben unter den Boden, und führt von derselben die Seitenröhren in die einzelnen Zimmer, in welchen am besten die oben erwähnten Heizöfen aufgestellt werden. Das Condensationswasser wird aus denselben durch eben soviel dünne Röhren in die gemeinschaftliche Wasserleitungsröhre zurückgeführt.

Die Wasserröhre zur Ableitung des Condensationswassers wird in denjenigen Fällen unnöthig, wo die Dampfröhre so geführt werden kann, daß sie mit stetem Falle wieder bis in die Nähe des Kessels zurückläuft, weil dann das Condensirungswasser immer in der Dampfröhre nach der Richtung der Dampfströmung sich fortbewegt, bis es durch die am Ende abwärts gebogene Röhre in den Kessel ausfließt. Es ist dieß z. B. bei der Heizung eines Gewächshauses der Fall. In einzelnen Fällen kann man die Dampfheizung auch so einrichten, daß die Erwärmung der Luft außerhalb des Zimmerraums geschieht. — Zuweilen geht auch die Dampfheizung von dem Dampfkessel aus, der zum Betriebe einer Maschine in derselben Fabrik dient, und da, wo Hochdruckmaschinen ohne Condensation in Anwendung stehen, erfolgt die Heizung durch den Dampf, nachdem er in dem Cylinder gewirkt hat.

Literatur der Dampfmaschinen. Eine Reihe von Werken und Abhandlungen über einzelne Gegenstände citirten wir schon im Verlaufe dieses Capitels; es bleibt uns nun noch übrig, einige vorzügliche allgemeine Werke zu nennen, die wir auch bei unserer Arbeit hier benutzten: Severin's Beiträge zur Kenntniß der Dampfmaschinen, im 1ten Theil der Abhandl. der königl. preuß. techn. Deputation für Gewerbe. Berlin 1826. Dieses vortreffliche Werk enthält außer einer allgemeinen Beschreibung aller bis dahin bekannten Arten von Dampfmaschinen, ausführliche durch gute Kupfertafeln gehörig erläuterte Monographien mehrer gut construirter Dampfmaschinen. — *Farey's* **Treatise on the steam-engine, historical, practical and descriptive.** London 1827. Ein zweiter Band dieses in praktischer Hinsicht wichtigen Werkes soll noch folgen. —

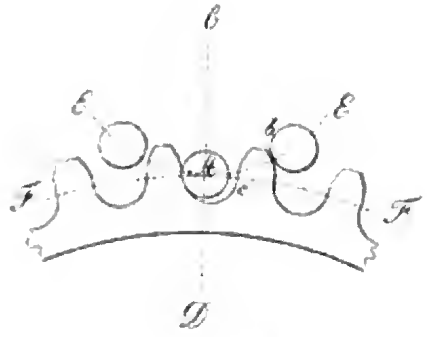
Digitized by Google

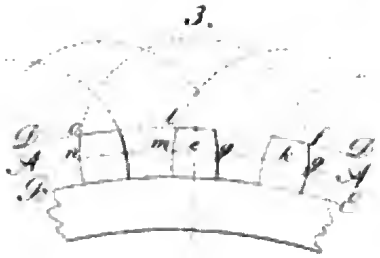
Tredgold, the Steam-engine, comprising an account of its Invention and progressive Improvement. 2. edit. London 1837. Von diesem vortrefflichen und sehr vollständigen Werke existirt eine sehr gute französische Bearbeitung vom Oberingenieur Mellet (2te Aufl. Paris 1837) und eine deutsche wird bei dem Verleger des vorliegenden Werkes erscheinen. — Eine vortreffliche Arbeit über die Dampfmaschine, für den Praktiker sehr wichtig, bilden die Artikel: Dampfkessel, Dampfleitung, Dampfmaschine und Dampfschiff von Herrn R. R. Prechtl, in seiner technol. Encyklopädie, Bd. III und IV. — Sehr viel praktisch wichtige und interessante Notizen findet man im Artikel Dampfmaschine im 2ten Bande des „Hauslexicons." — Verdam, die Grundsätze, nach welchen alle Arten von Dampfmaschinen zu erbauen sind. Aus dem Holländ. von Chr. Heinr. Schmidt. 4 Abtheilungen in 2 Bänden. Weimar 1835 bis 1837. Dieses Werk ist dem Praktiker sehr zu empfehlen. — Wer eine allgemeine Uebersicht von den Dampfmaschinen zu erhalten wünscht, findet sie am besten in den folgenden beiden Werken, in: Bernoülli's Handbuch der Dampfmaschinenlehre für Techniker und Freunde der Mechanik. Stuttgart 1833; und in: Lardner, die Dampfmaschine faßlich beschrieben und erläutert ꝛc. Nach der 5. Aufl. aus dem Engl. Leipzig 1836.

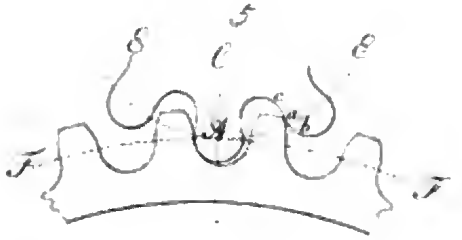
Ueber Dampfschifffahrt: *Marestier*, Mémoire sur les bateaux à vapeur. Paris 1824 — *Tourasse* et *Mellet* Essais sur les bateaux à vapeur. Paris 1829. — Kufahl, theoretisch-praktische Abhandlung über die Dampfschifffahrt ꝛc. Berlin 1833. — *Galy-Cazalat*, Mémoire théoretique et pratique sur les Bateaux à Vapeur etc. Paris 1837. Dieses Werk ist, wie schon im Verlauf dieses Capitels bemerkt wurde, von allgemeiner Wichtigkeit für die Dampfmaschinen.

Tredgold's Grundsätze der Dampfheitzung und der damit verbundenen Lüftung aller Arten von Gebäuden. Aus dem Engl. von Kühn. 2te Aufl. nach der 3ten des Originals. Leipzig 1837. — Peelet über die Wärme ꝛc. Aus d. Franz. von Hartmann. 2r Bd. S. 374 ꝛc. Braunschweig 1831. — Prechtl's Artikel: Heitzung, in seiner technol. Encyklopädie. Bd. VII. S. 462 ꝛc. — Alle neuen Erfindungen und Verbesserungen, welche die Dampfmaschinen betreffen, findet man in den beiden trefflichen technischen Zeitschriften, dem Dingler'schen Journal und dem polytechnischen Centralblatte.

Digitized by Google

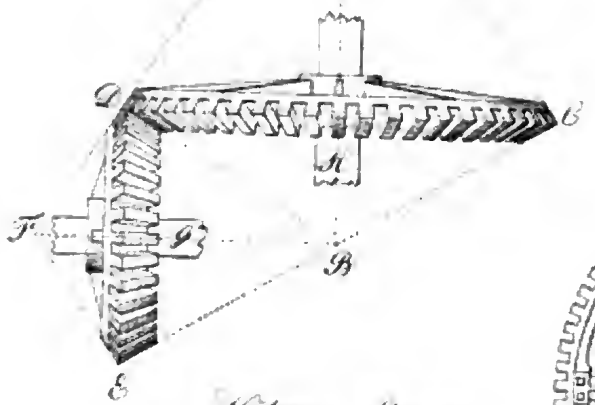




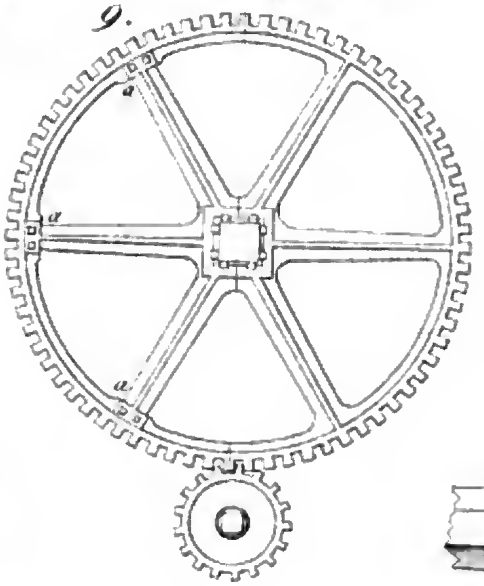


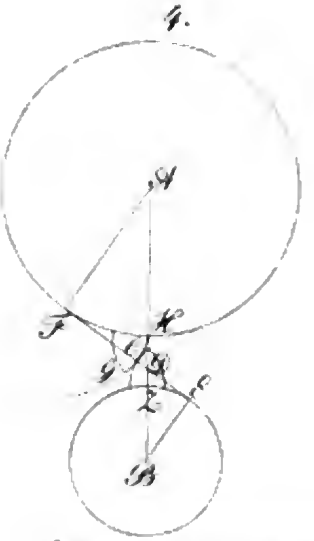
6.

Winkelrad

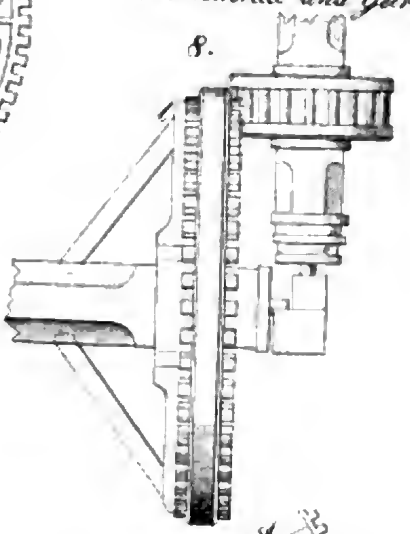


Rad und Getriebe.

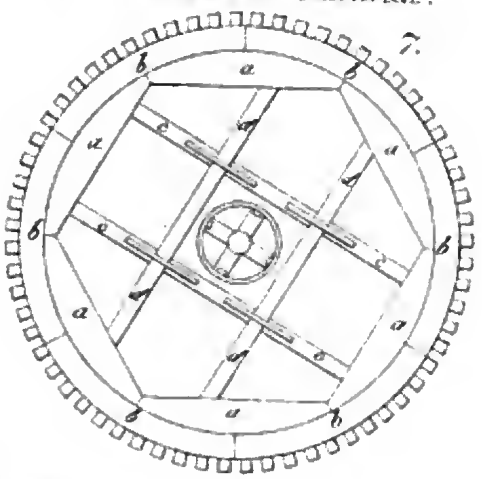




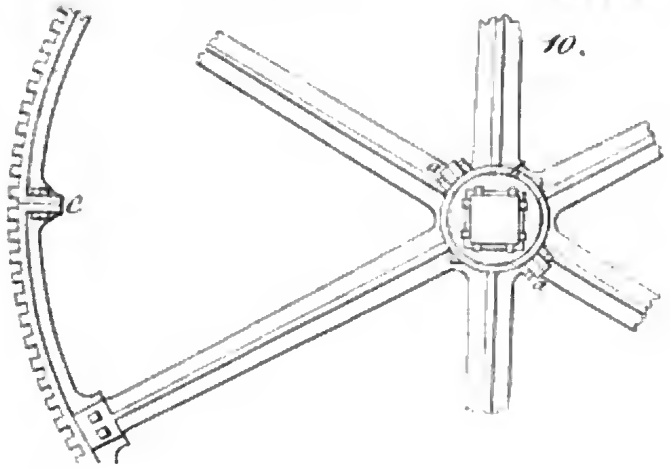
Kammrad und Getriebe.

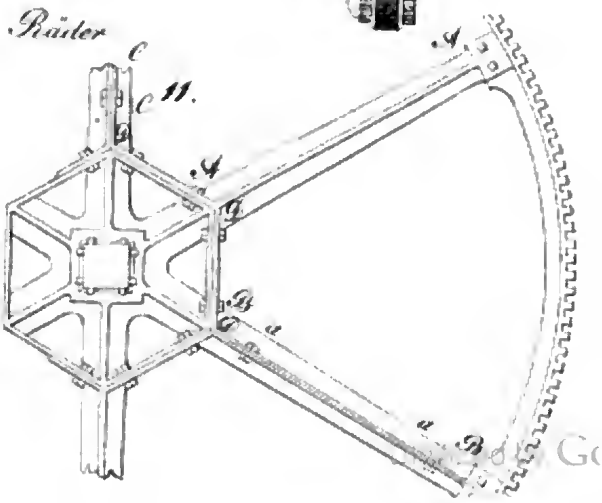


Holzernes Sternrad.



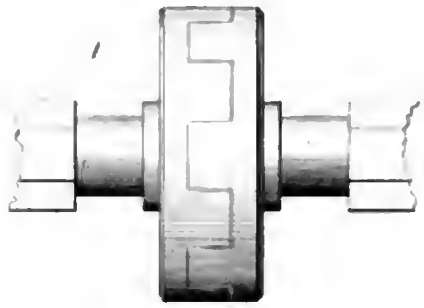
Construction der Räder



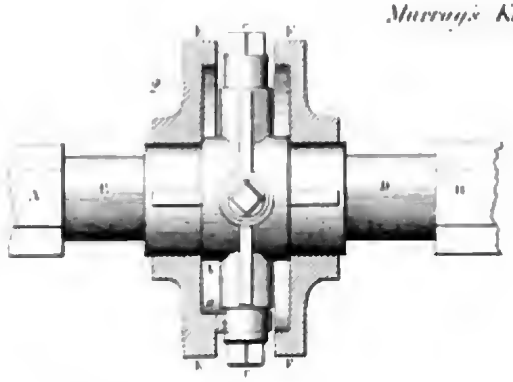


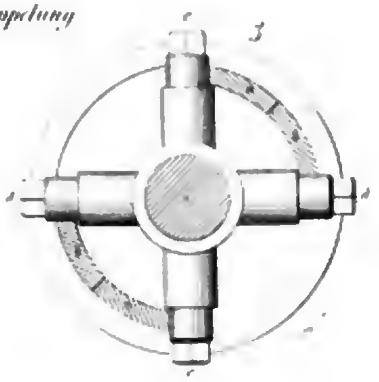
Digitized by Google

Gewöhnliche Kuppelung

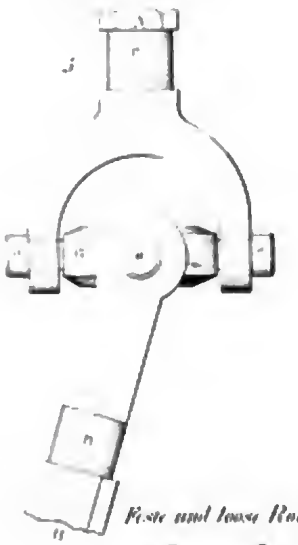


Murray's Kuppelung

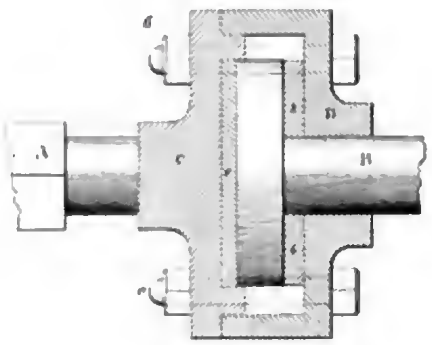




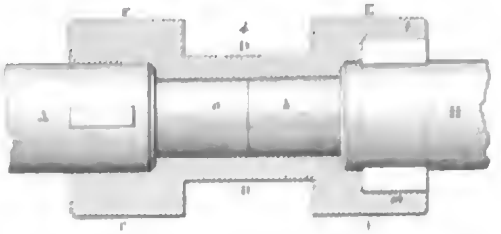
Universal-Gelenk



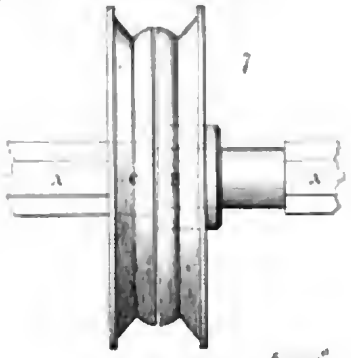
Frictions Kuppelung



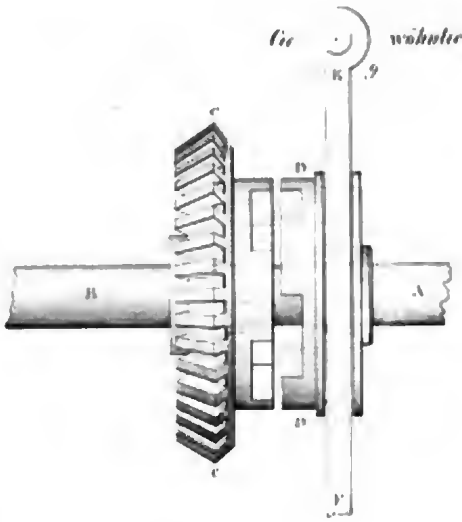
Murray's Kuppelung

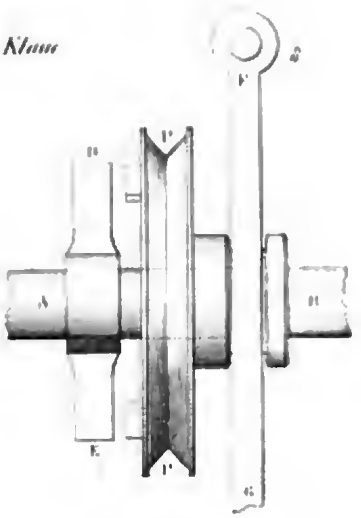


Feste und lose Rolle

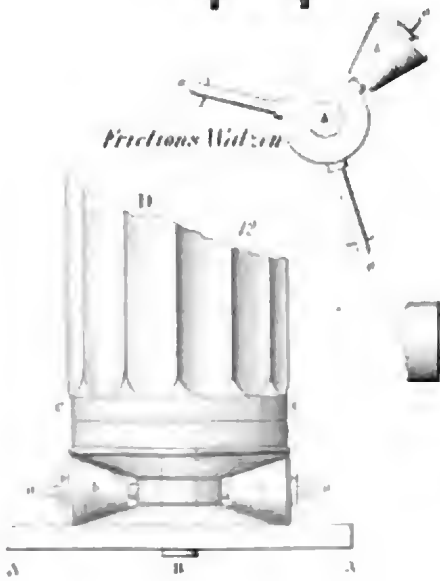


Ge wöhnliche Klaue

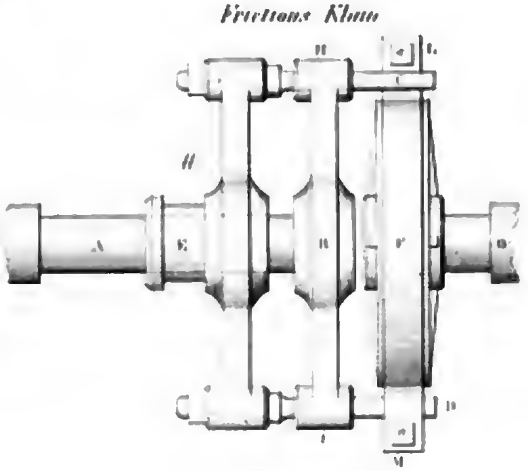




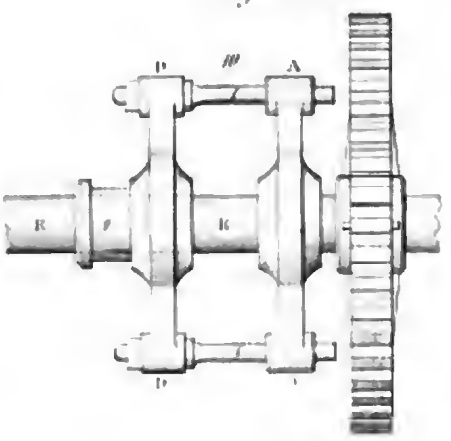
Frictions Walzen



Frictions Klaue



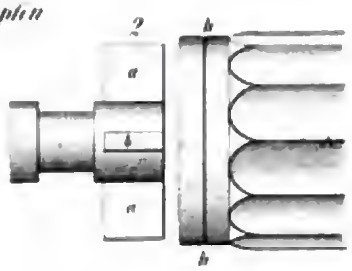
Bayonet Klaue



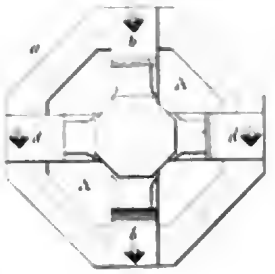
Digitized by Google

1 Kreuzzapfen

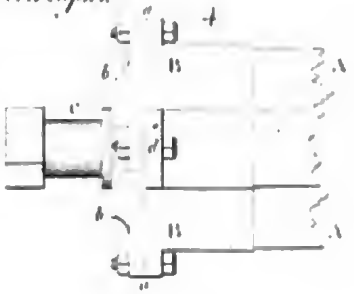
2



3 Verbesserter Wellzapfen

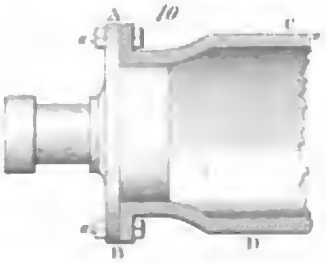


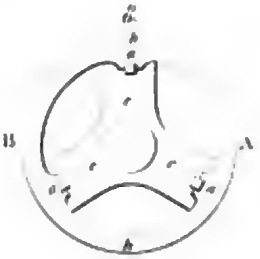
4



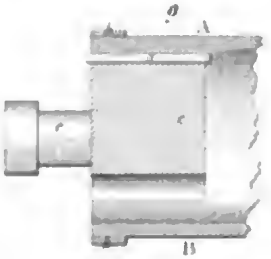
Zapfen an eisernen Wellen

10

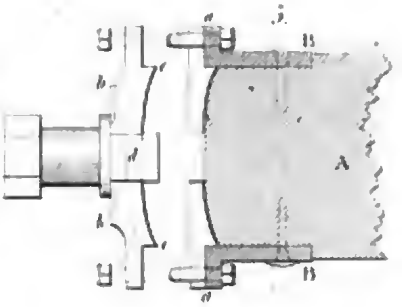




9

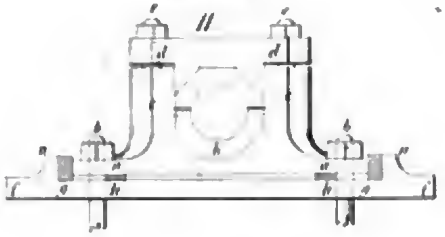


5



Zapfenlager

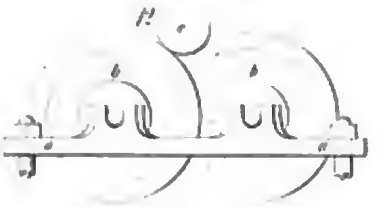
11



6

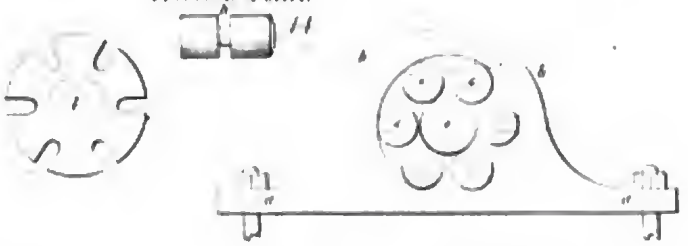
Friction-räder

12

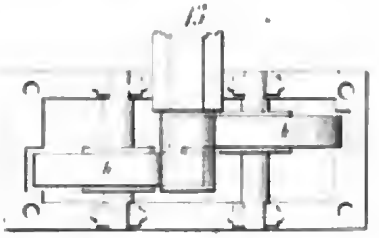


Friction-rollen

14

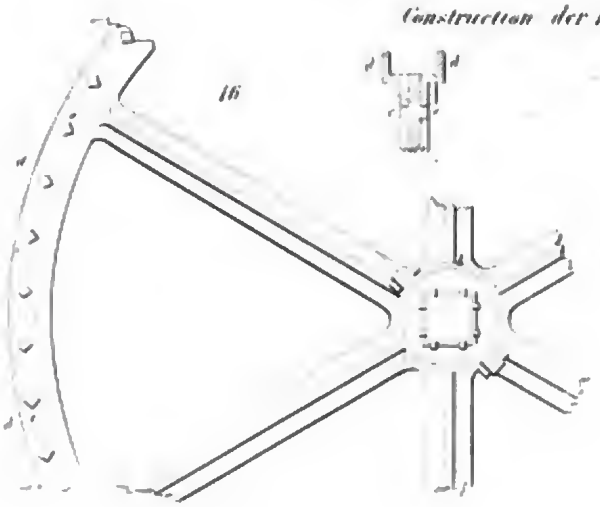


13

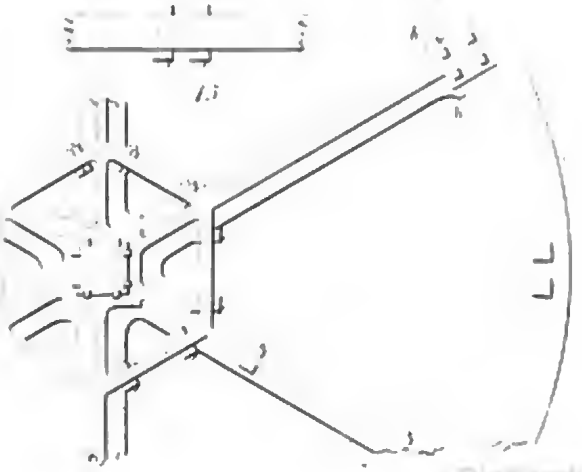


Construction der Räder

16



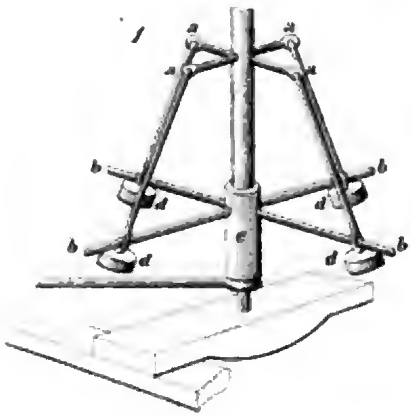
15



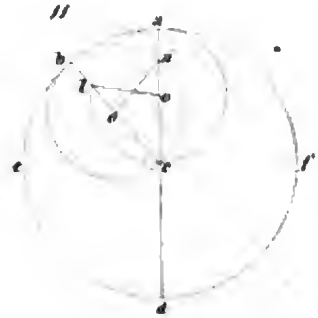
Digitized by Google

Vorrichtungen zur Regulirung der Geschwindigkeit

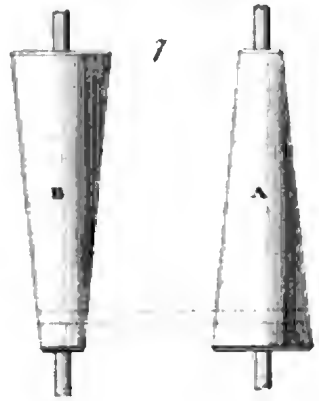
1



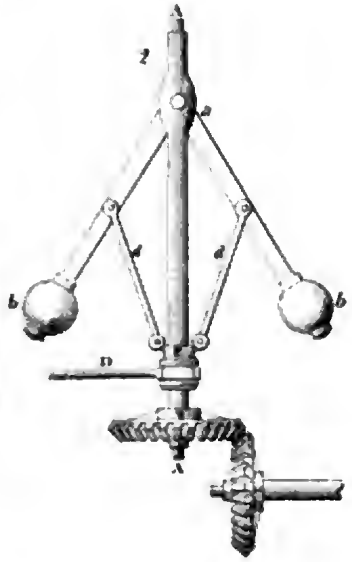
11



7

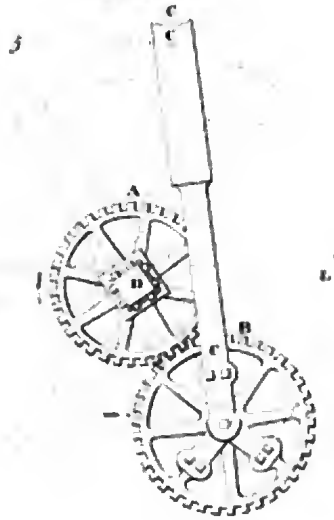


2



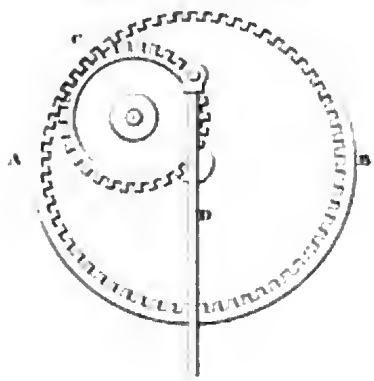
Planetenrad

5



Senkrechte Bewegung

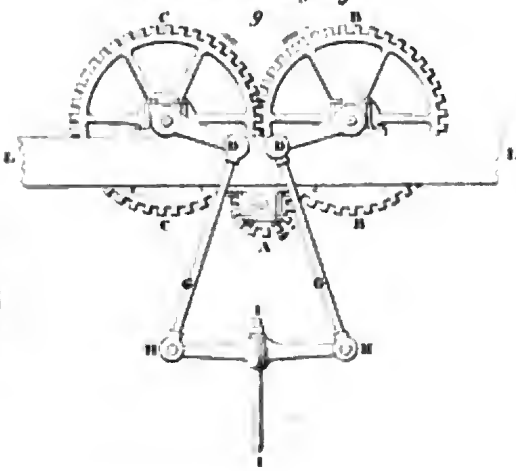
10



4

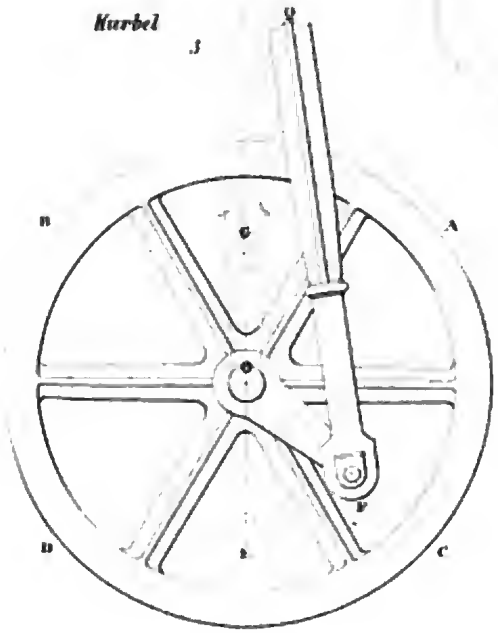
Senkrechte Bewegung

9



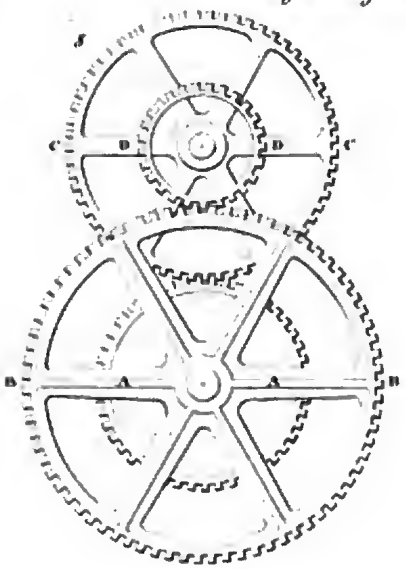
Kurbel

3

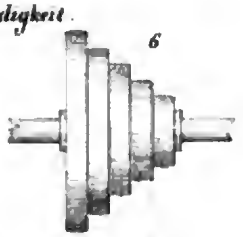


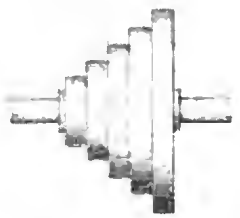
Regulirung der Geschwindigkeit

8



6



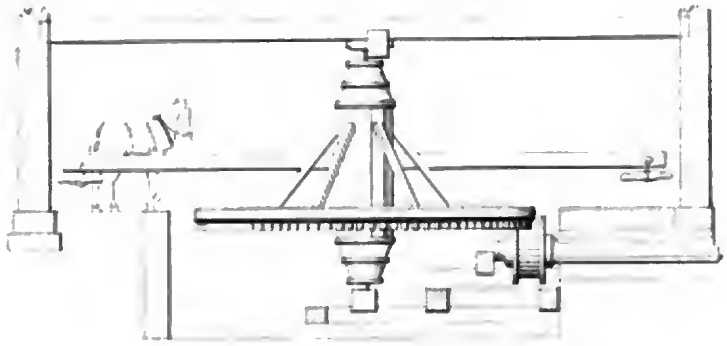


Lith. Inst. von M. Vormann in Darmstadt

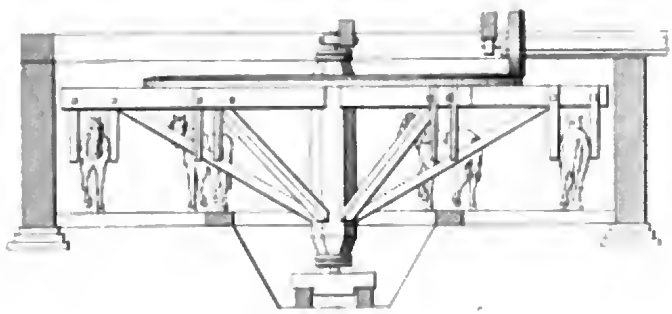
Digitized by Google

1 Handmühle 2 Tretrad 3 6 Pferdegöpel

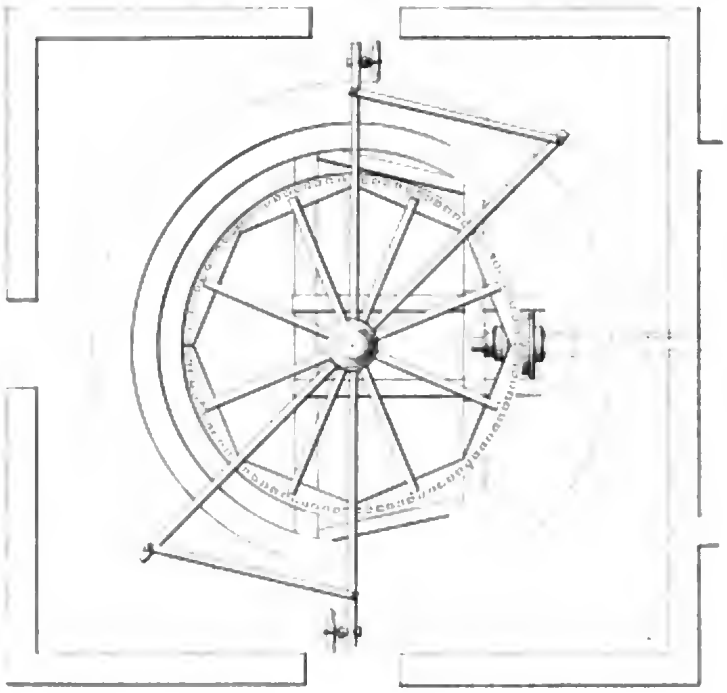
3



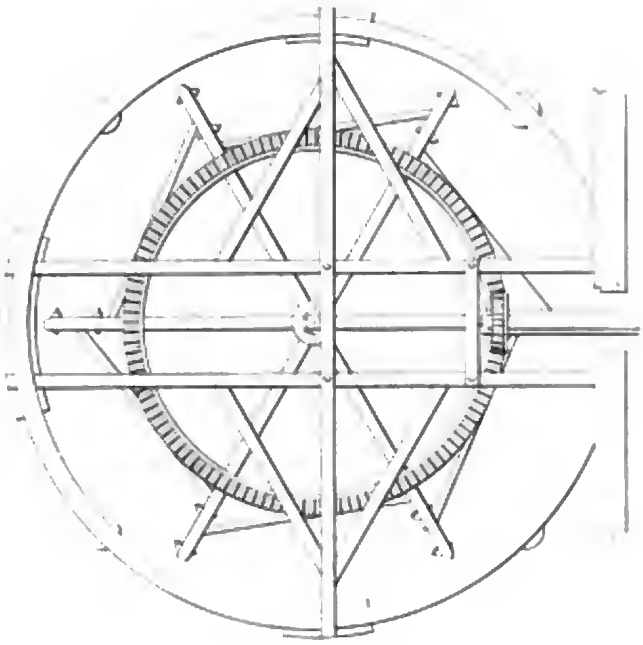
5.



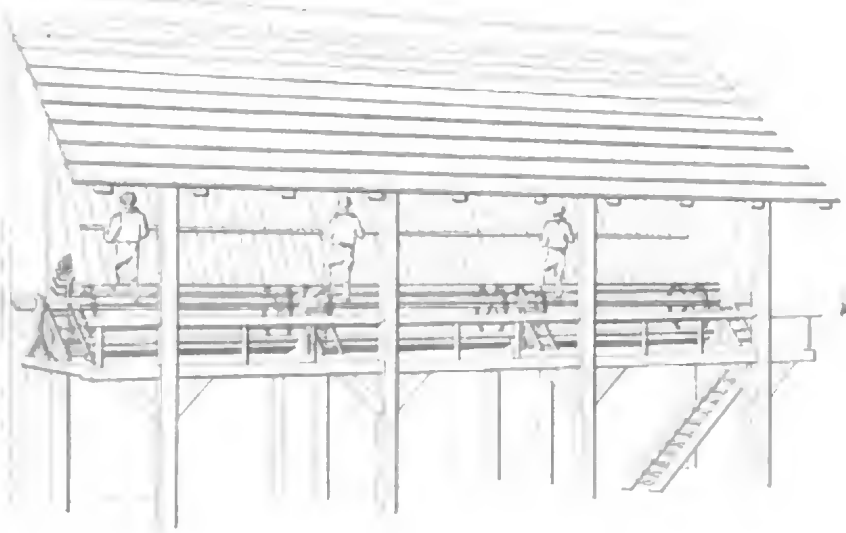
4



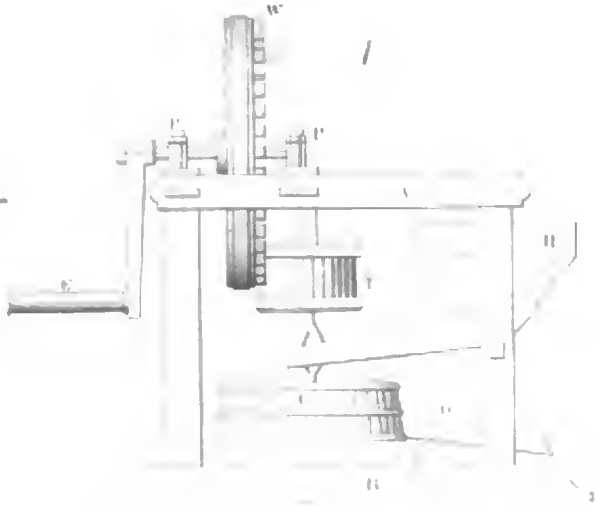
6



2

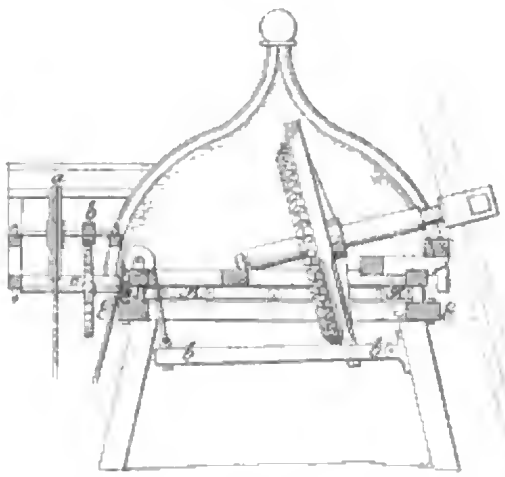


1



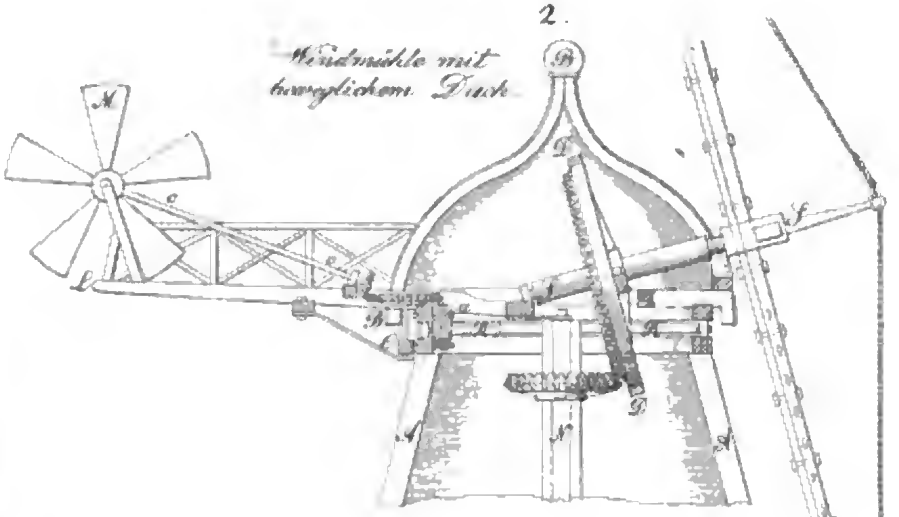
Digitized by Google

3.



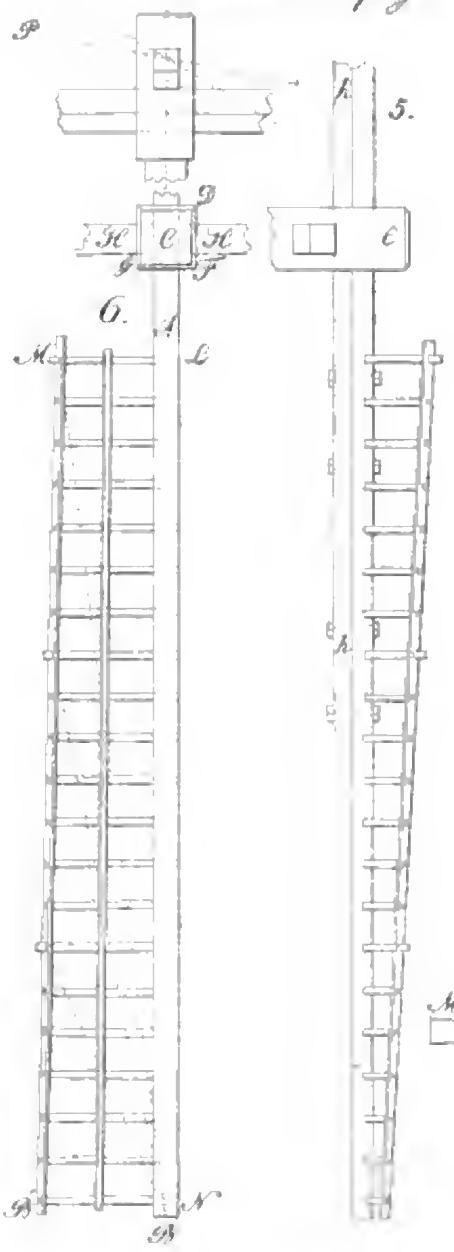
2.

Windmühle mit beweglichem Dach.

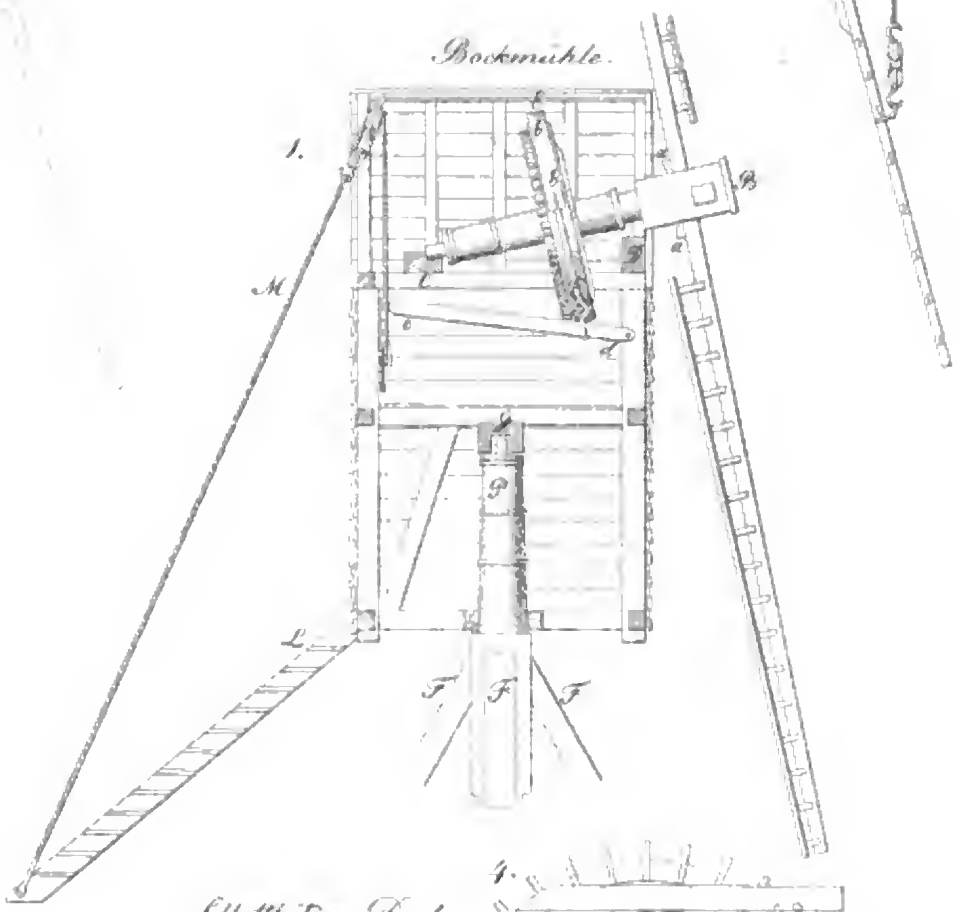


7.

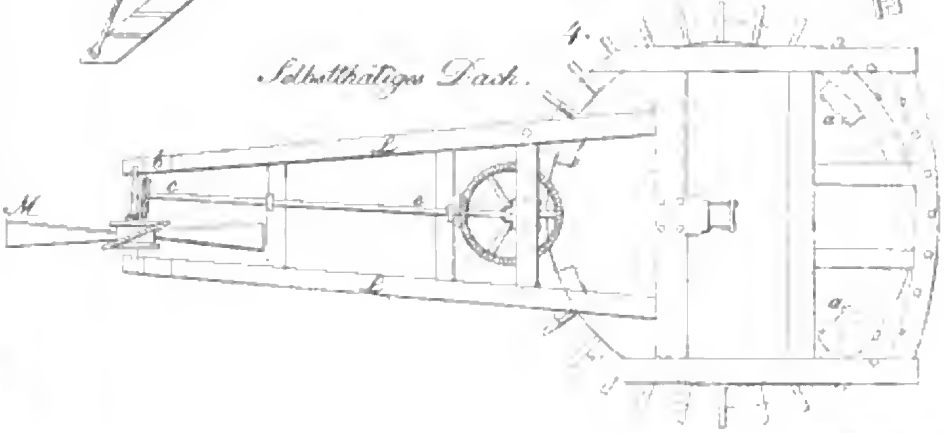
c. Windmühlenflügel.



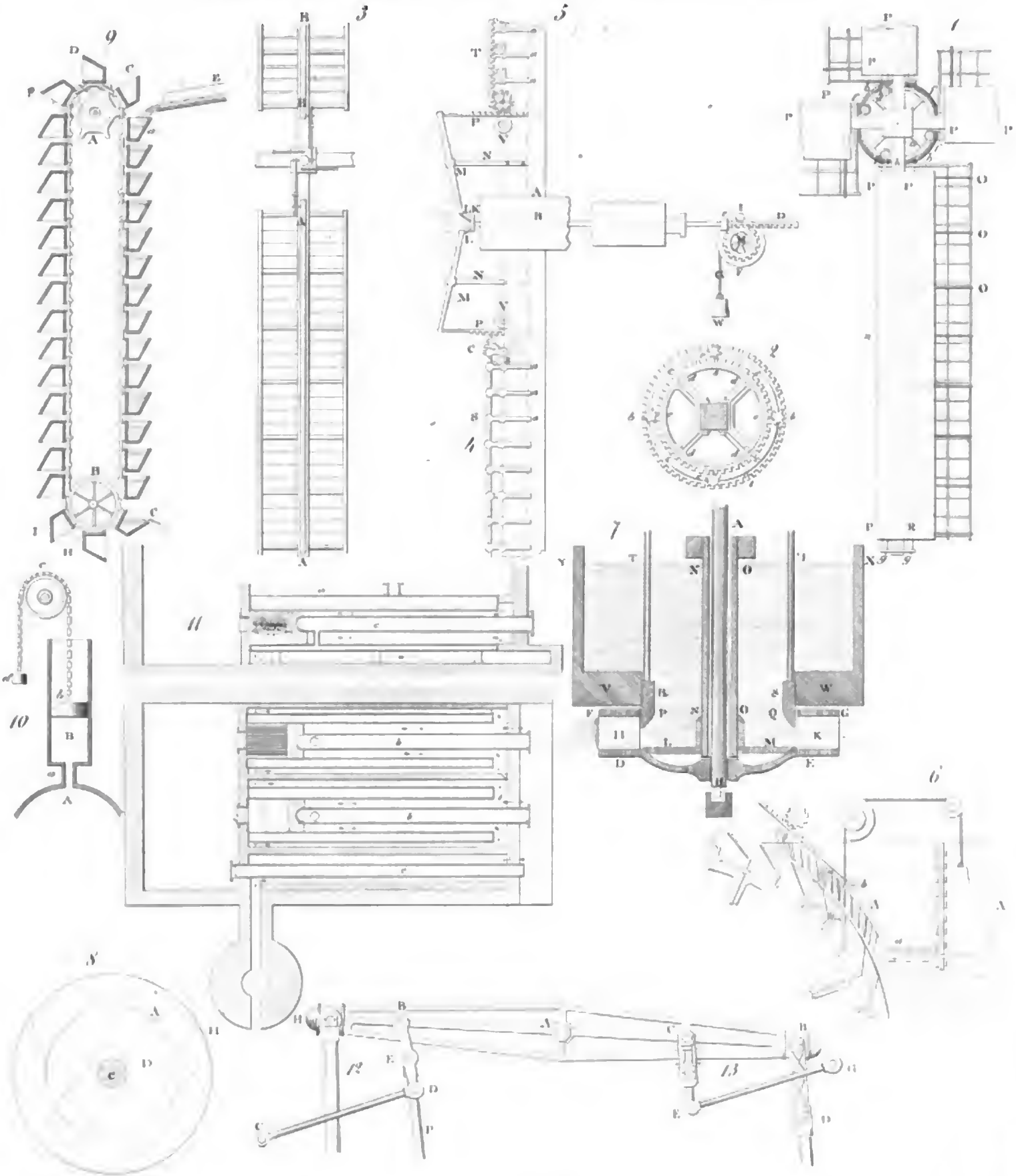
Bockmühle.



Selbsthätiges Dach.



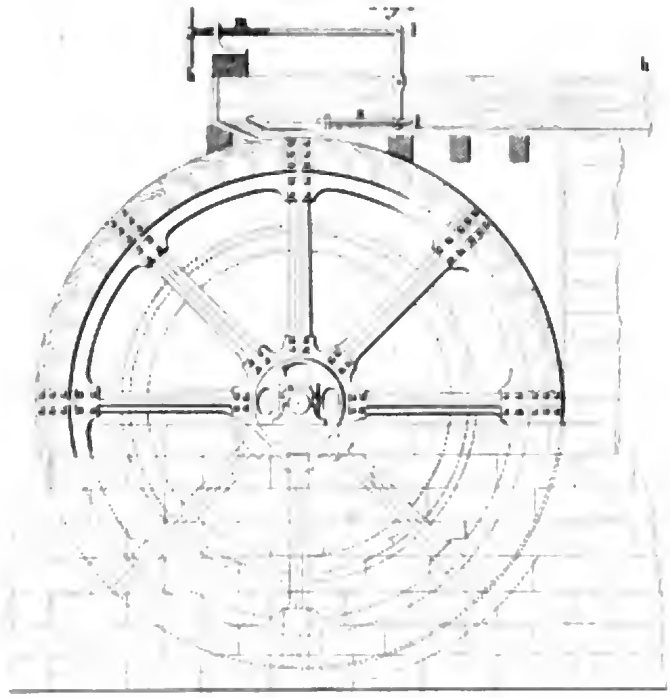
Digitized by Google

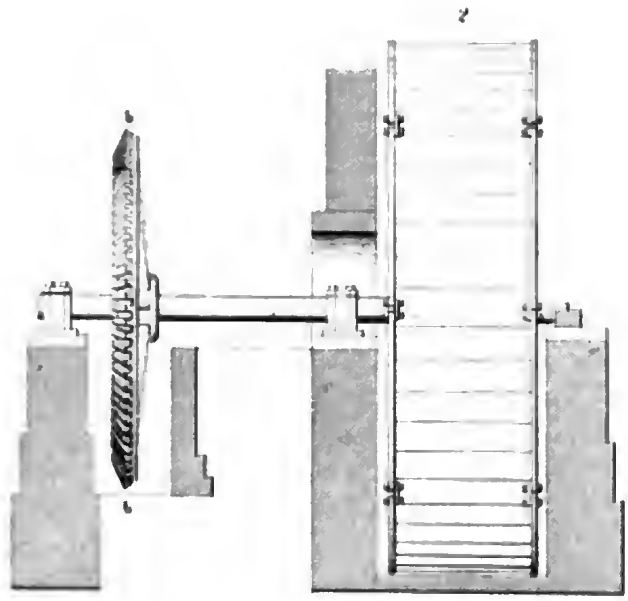


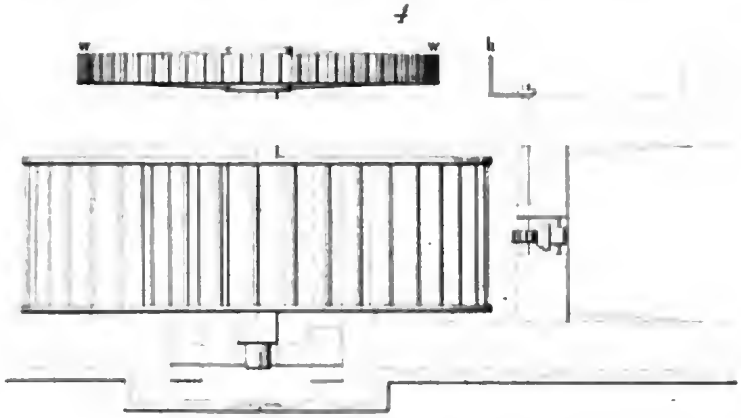
Lith Anst v M Frommann

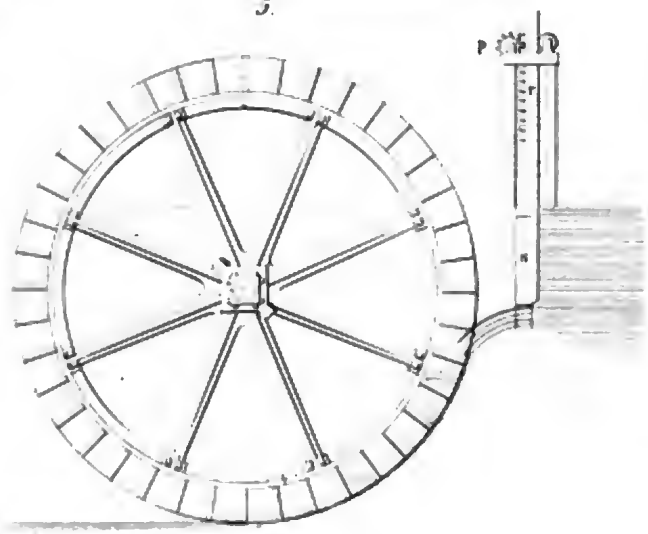
Digitized by Google

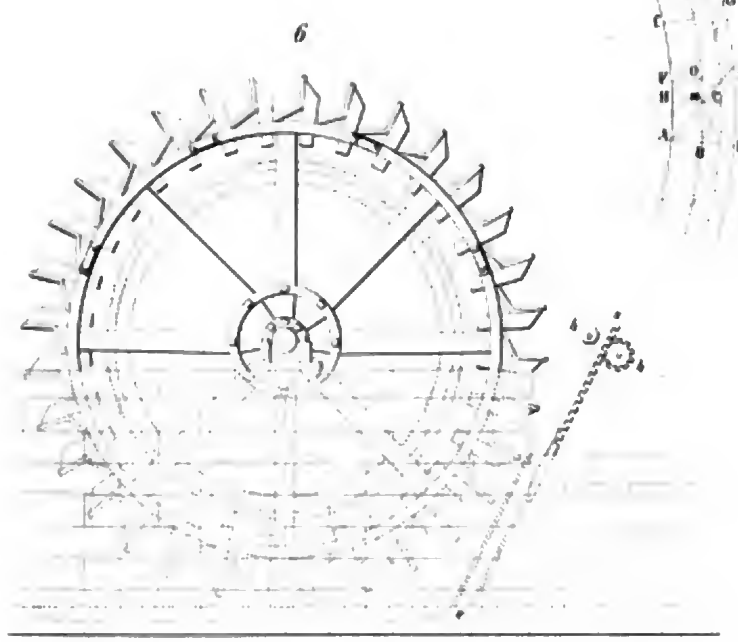
Digitized by Google

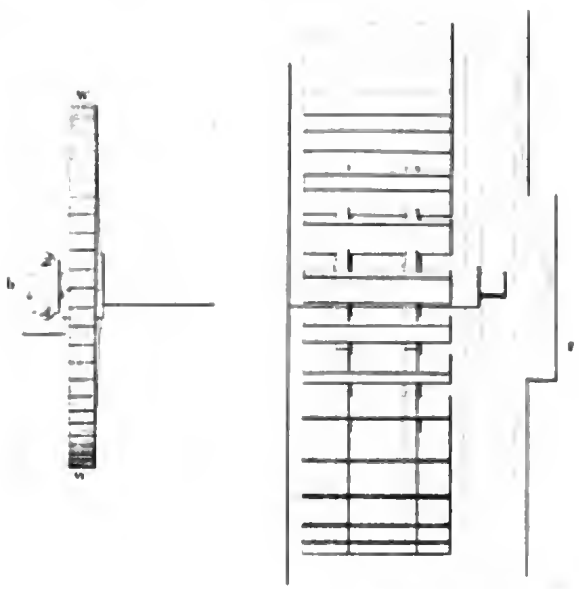






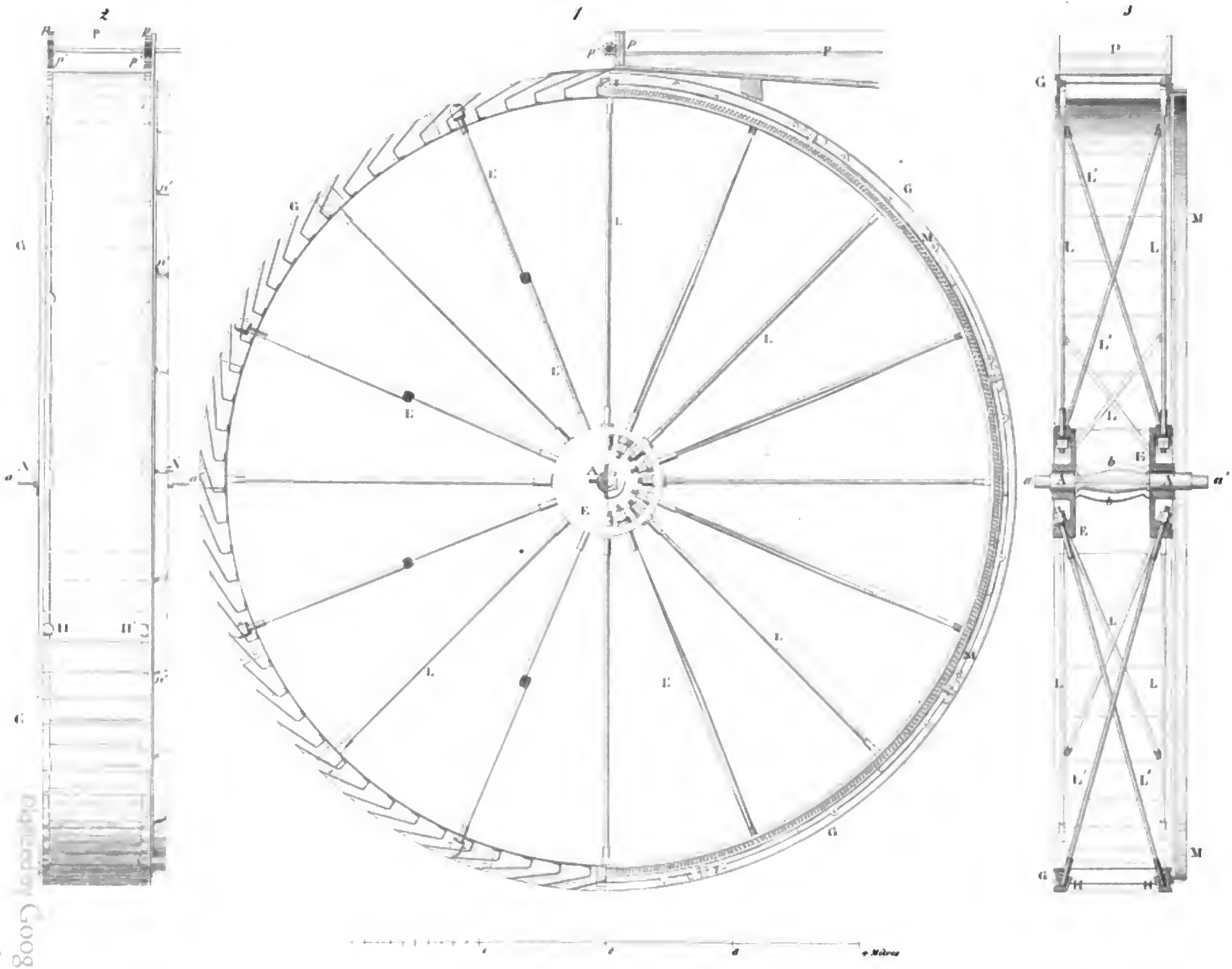






Digitized by Google

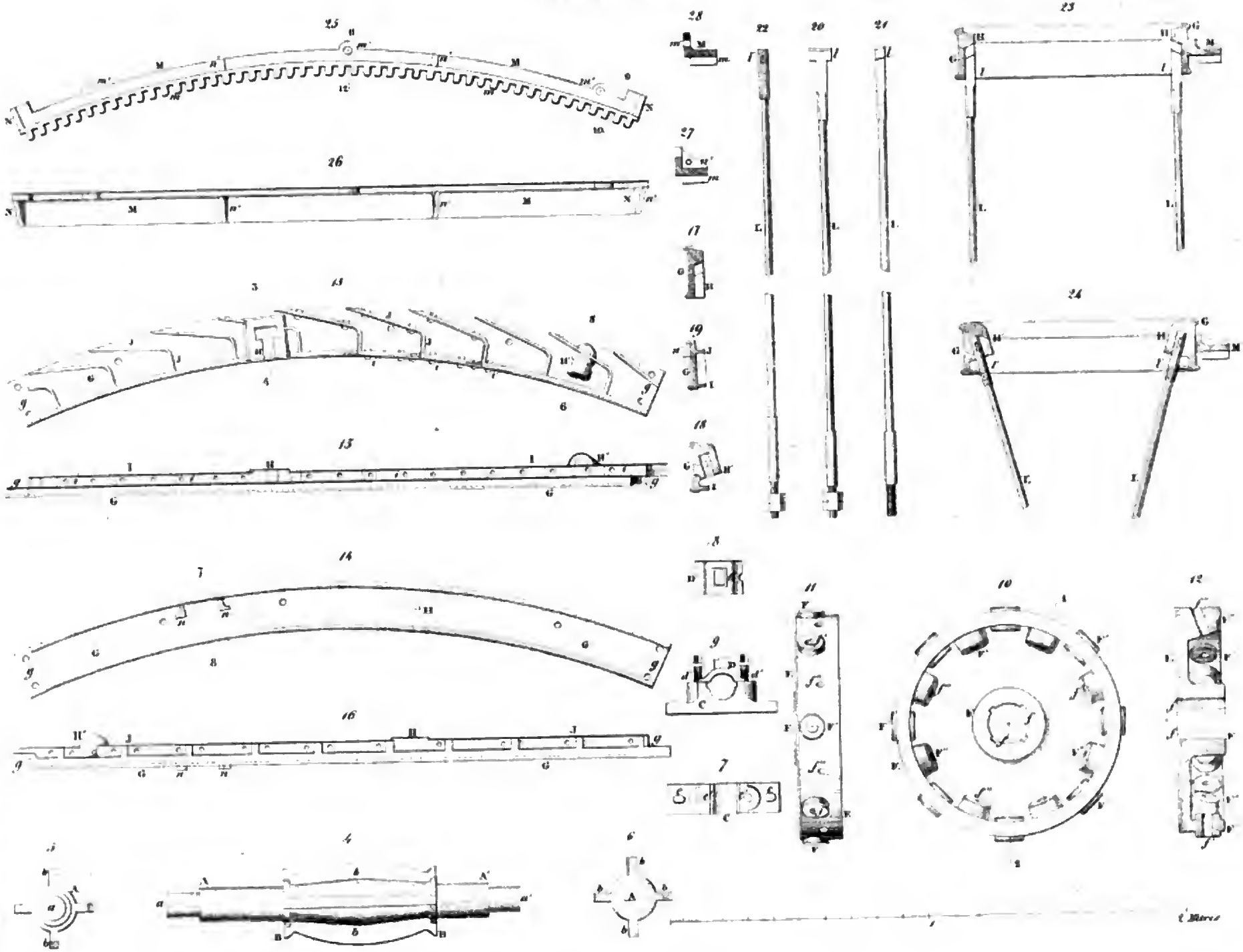
Digitized by Google



Digitized by Google

WASSERRAD.

EINZELNE THEILE



Digitized by Google

Digitized by Google

WASSERSÄULEN-MASCHINE.

Fig 3

Fig 1

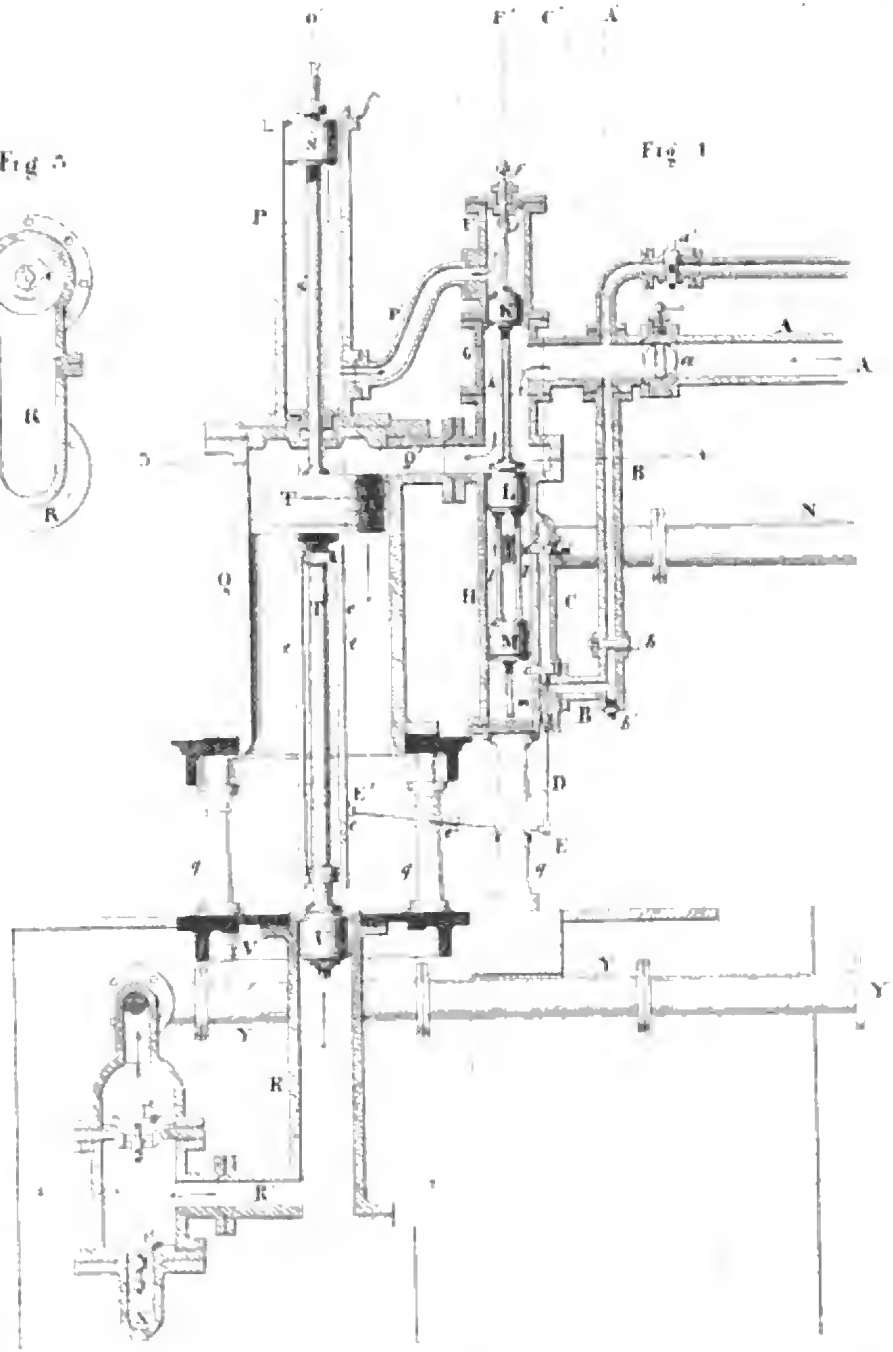


Fig 4

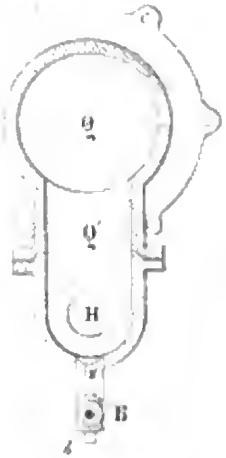
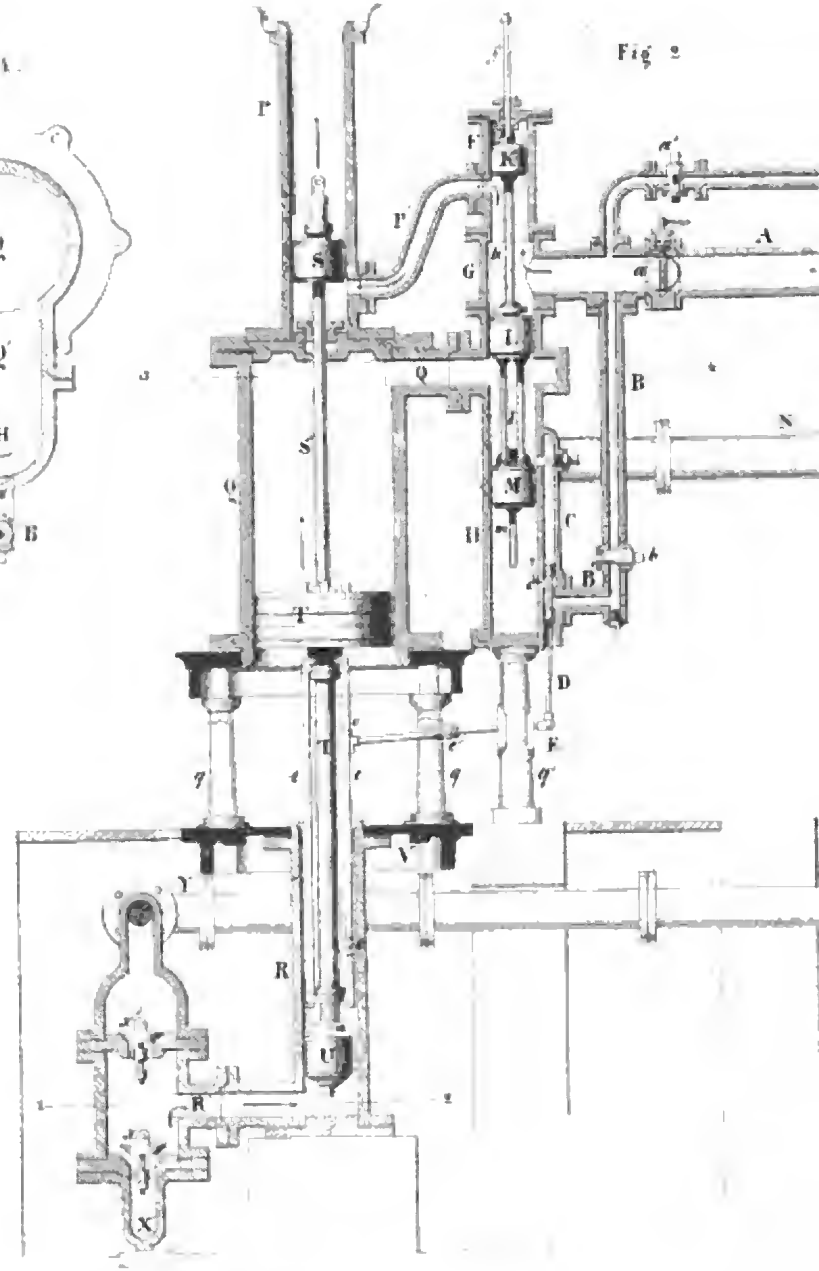


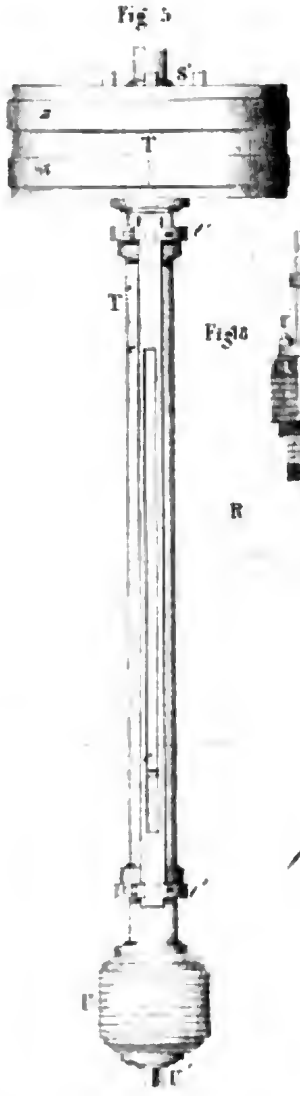
Fig 2

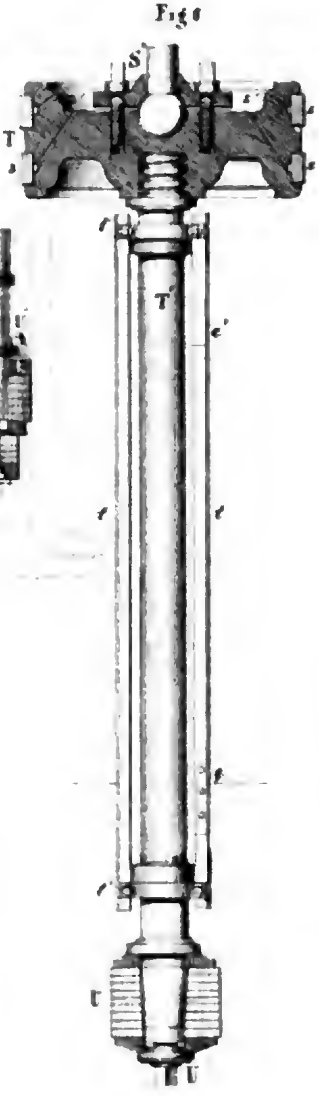


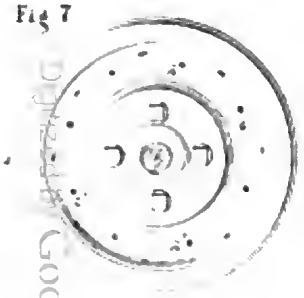
Digitized by Google

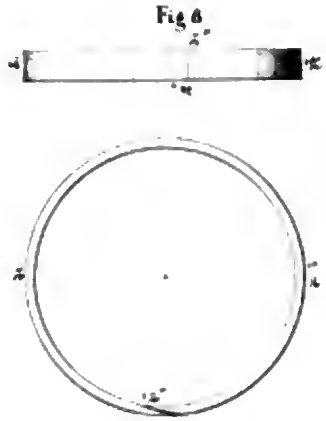
Digitized by Google

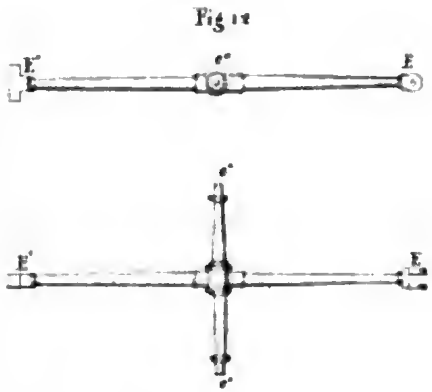
WASSERSÄULEN-MASCHINE.

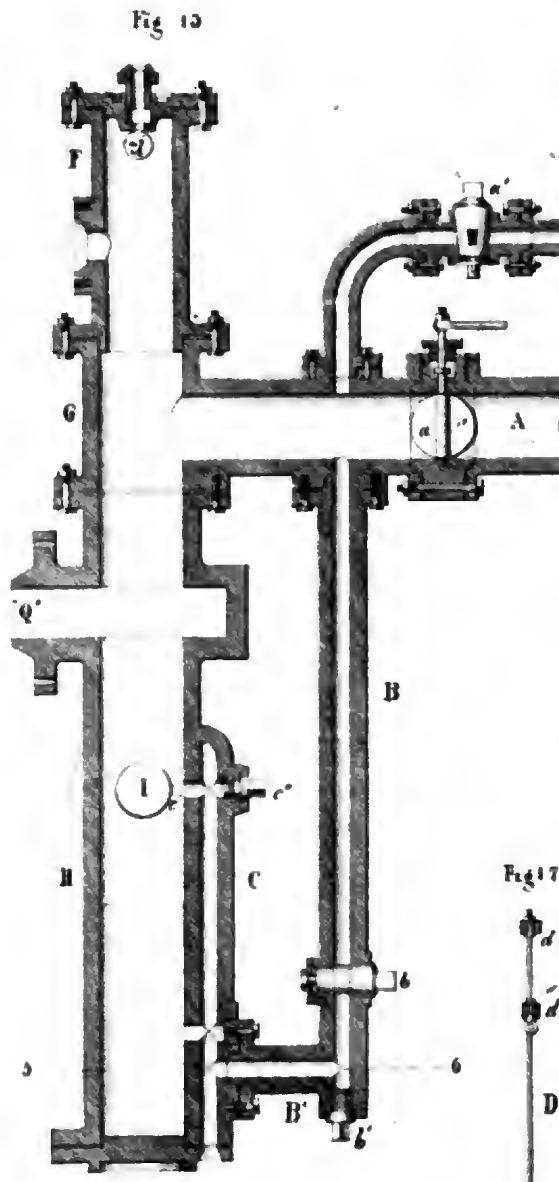


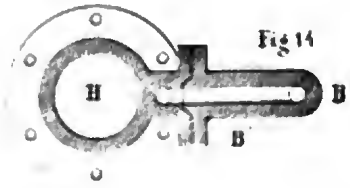






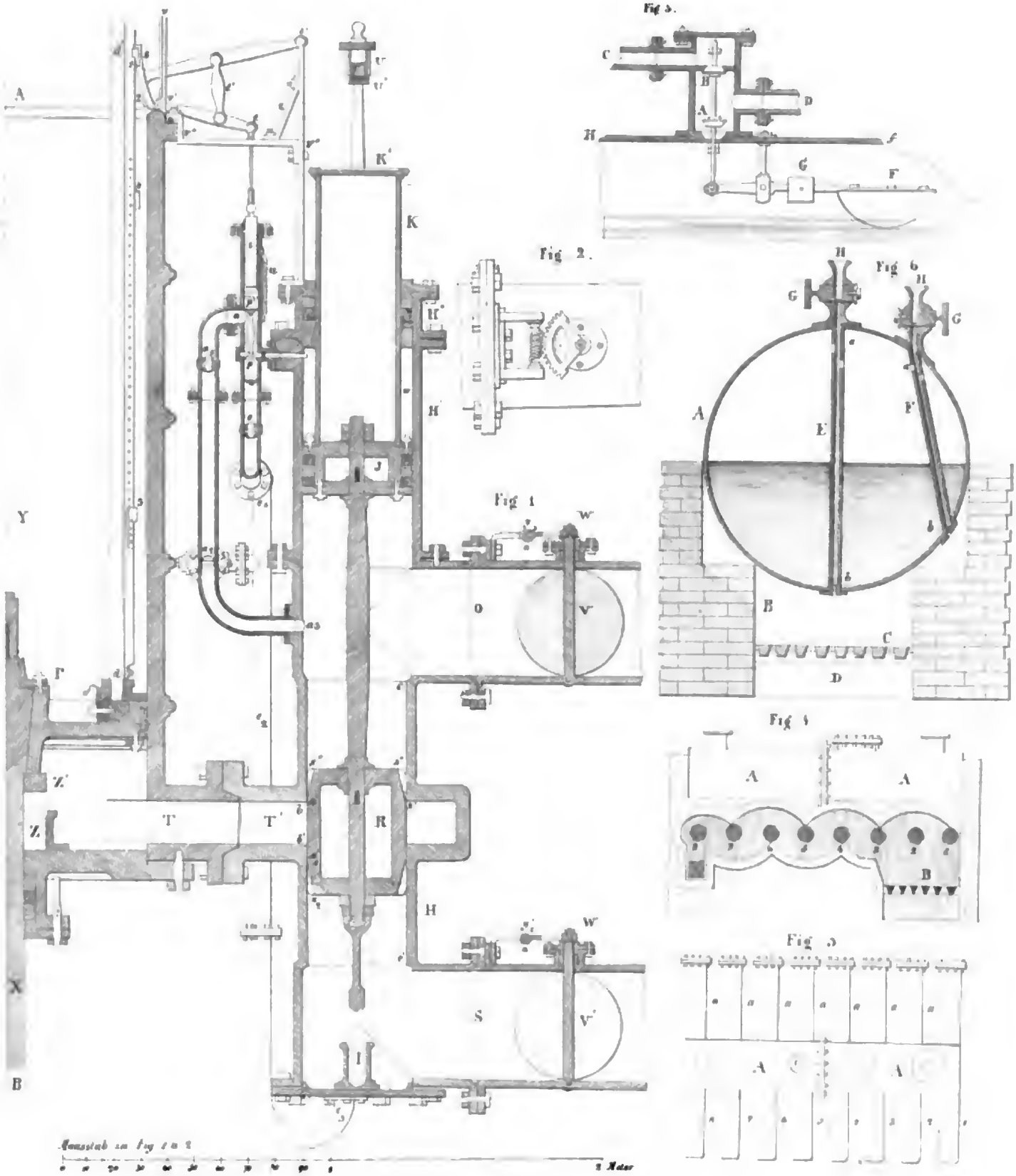






Digitized by Google

Digitized by Google



Lit Anst v J Lehnhardt in Mainz

Digitized by Google

Digitized by Google

DAMPFKESSEL

Taf. VII

Fig 1

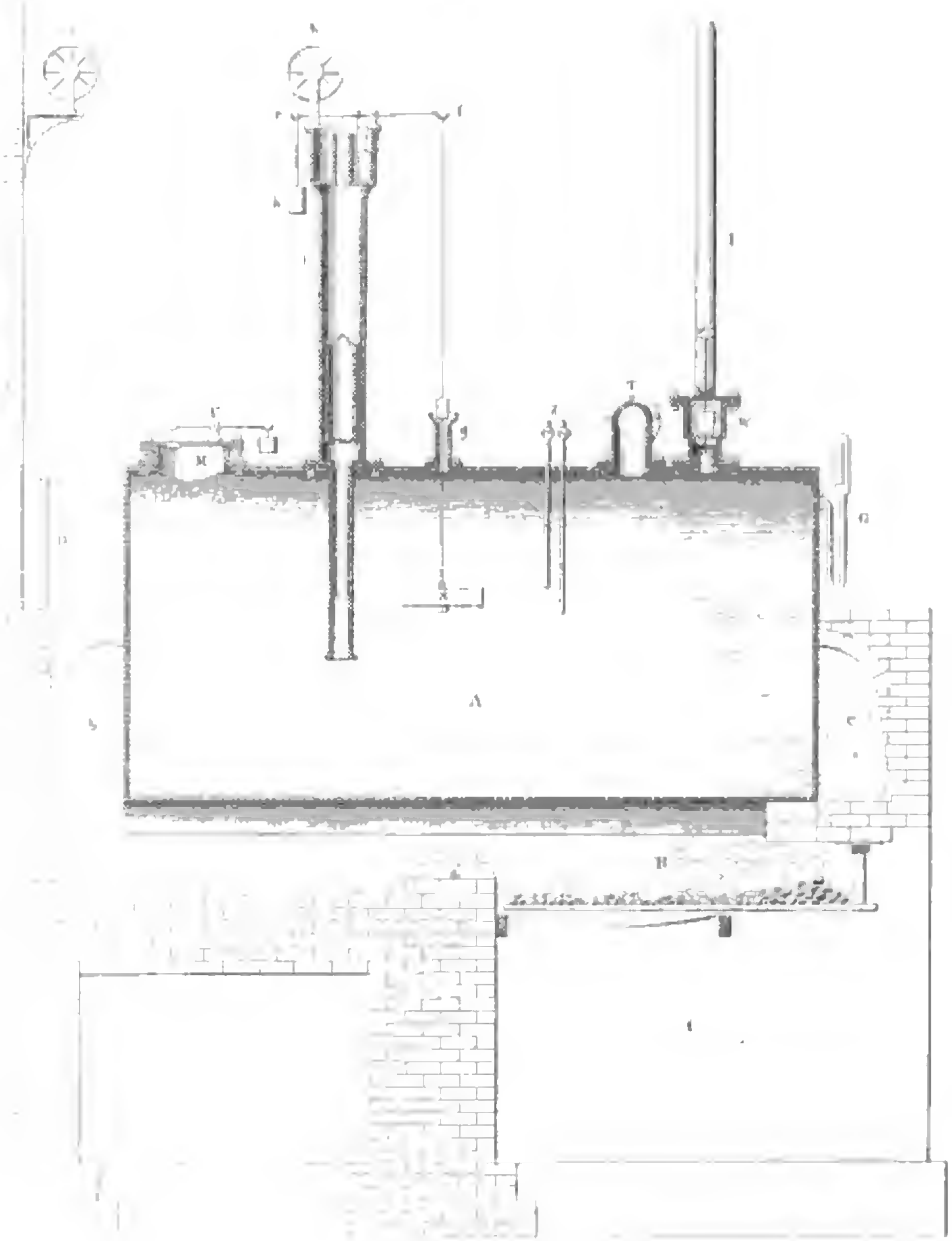
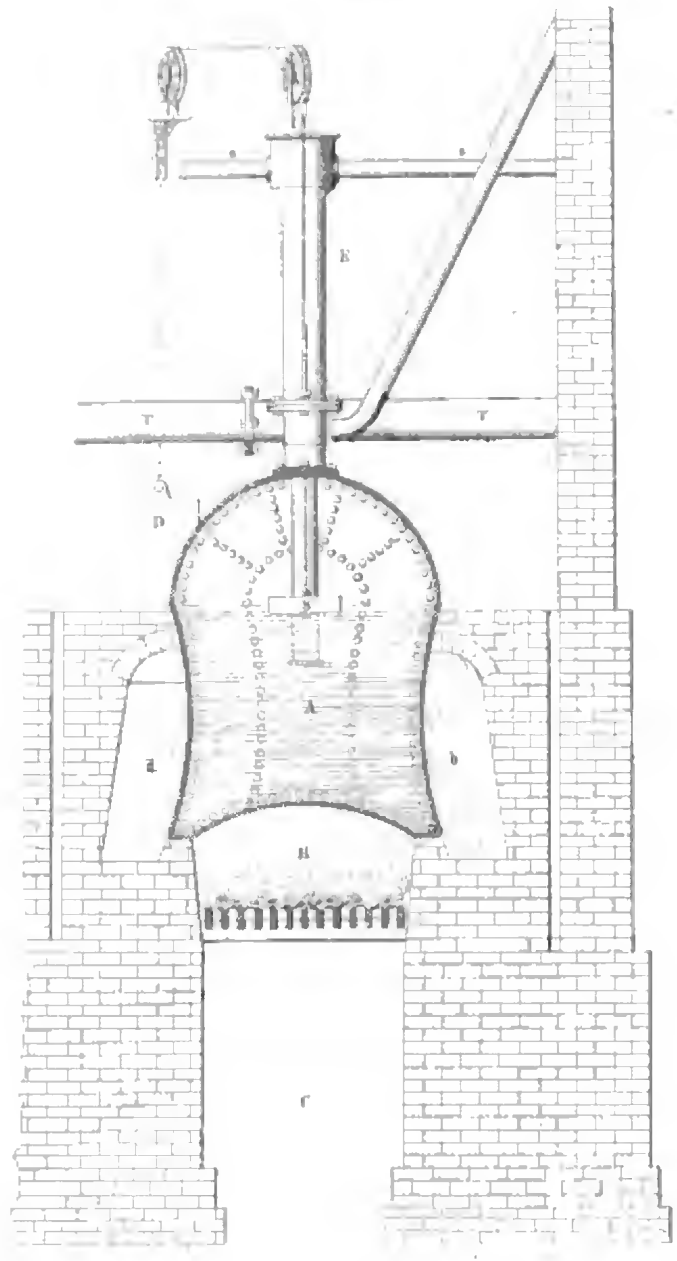
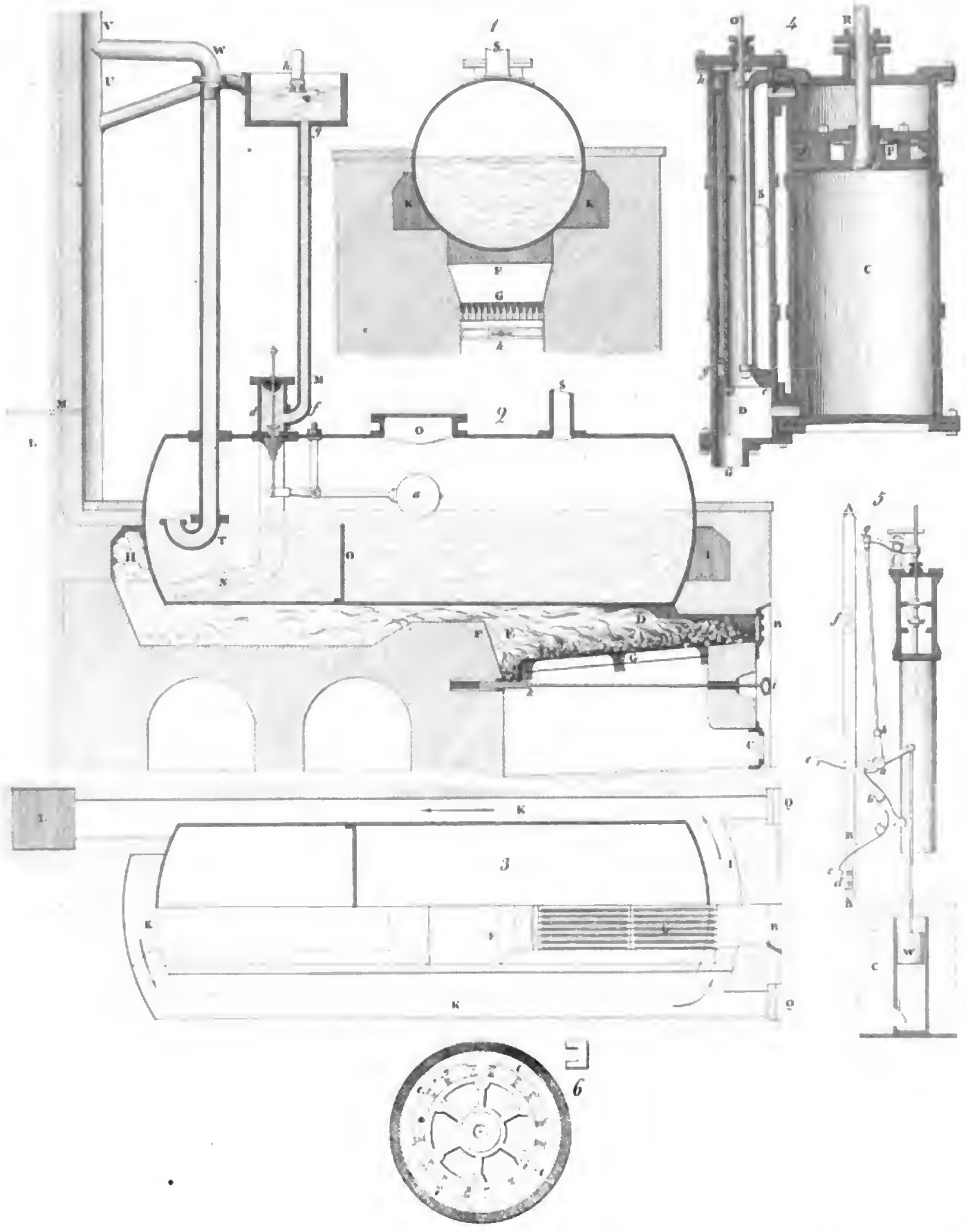


Fig 2



Lith. Inst. v. H. Handorf in Frankfurt a. M.

Digitized by Google



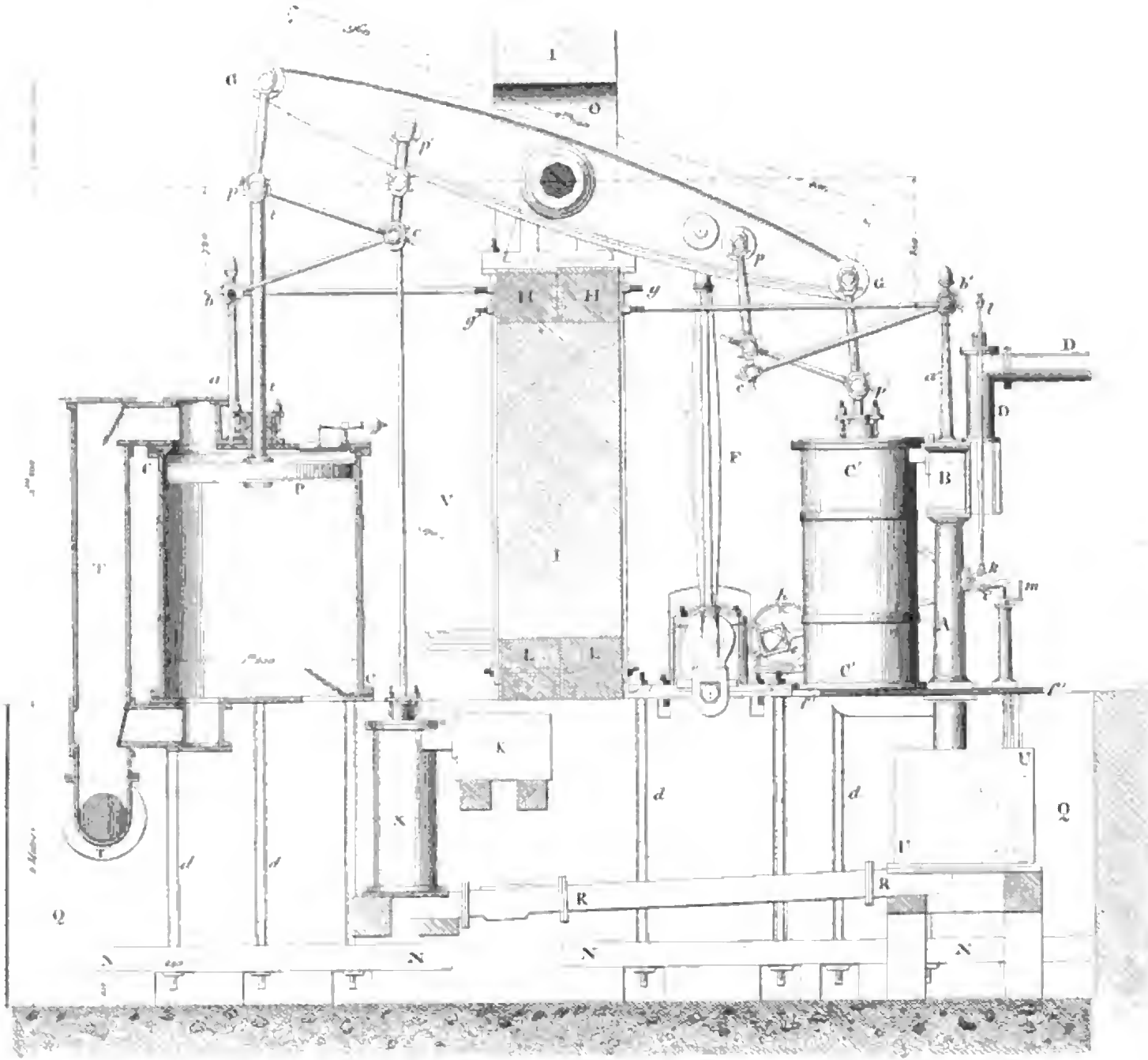
Lith. Anst. von M. Frankenau

Digitized by Google

Digitized by Google

DOPPELTWIRKENDE DAMPFMASCHINE

(AUFRISS)



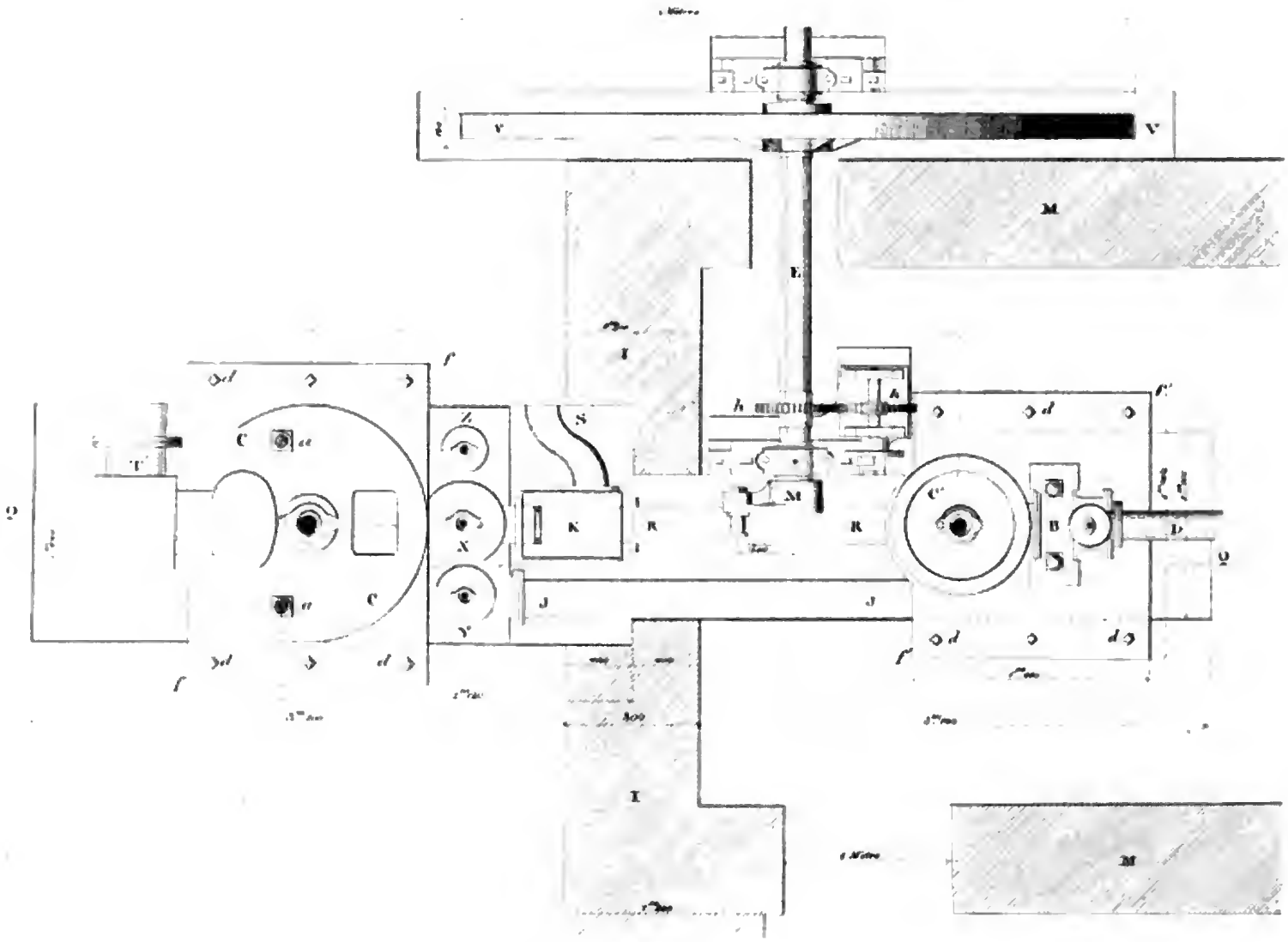
Digitized by Google

Digitized by Google

DOPPELTWIRKENDE DAMPFMASCHINE

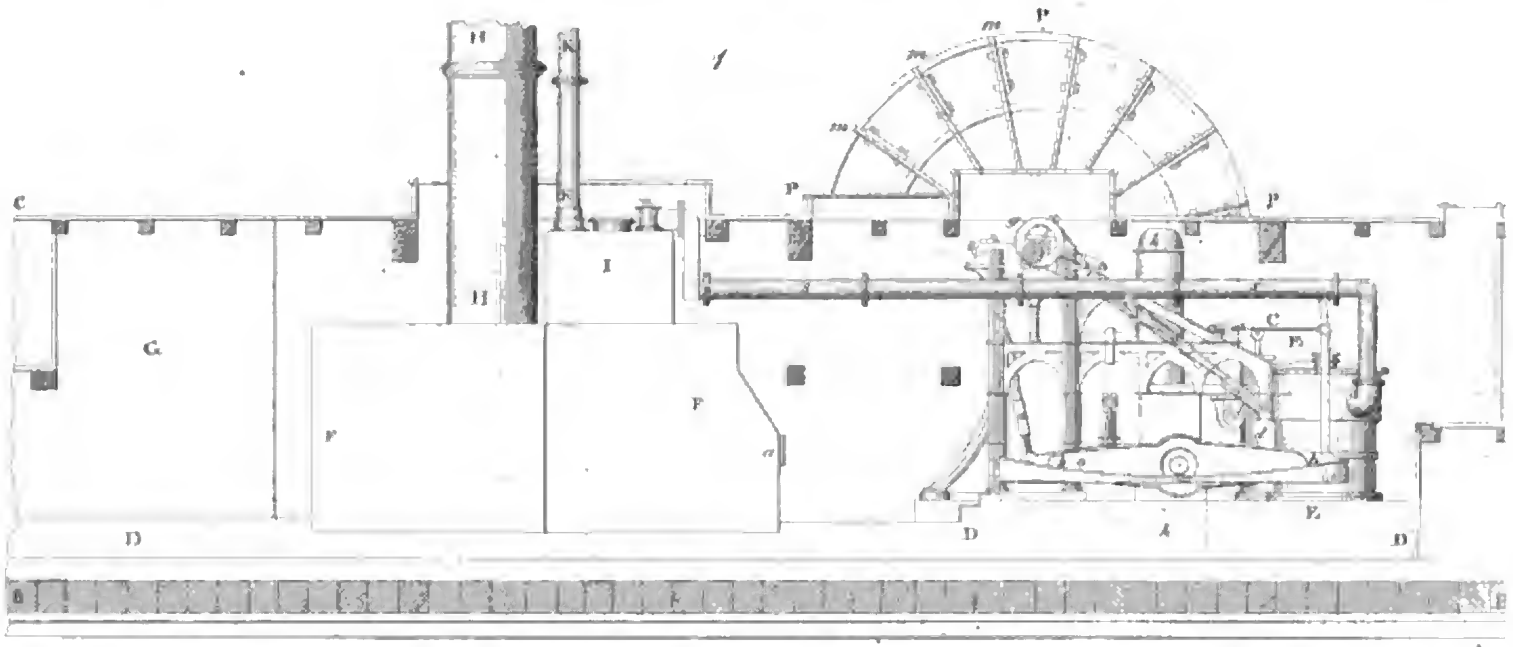
Taf XIX B

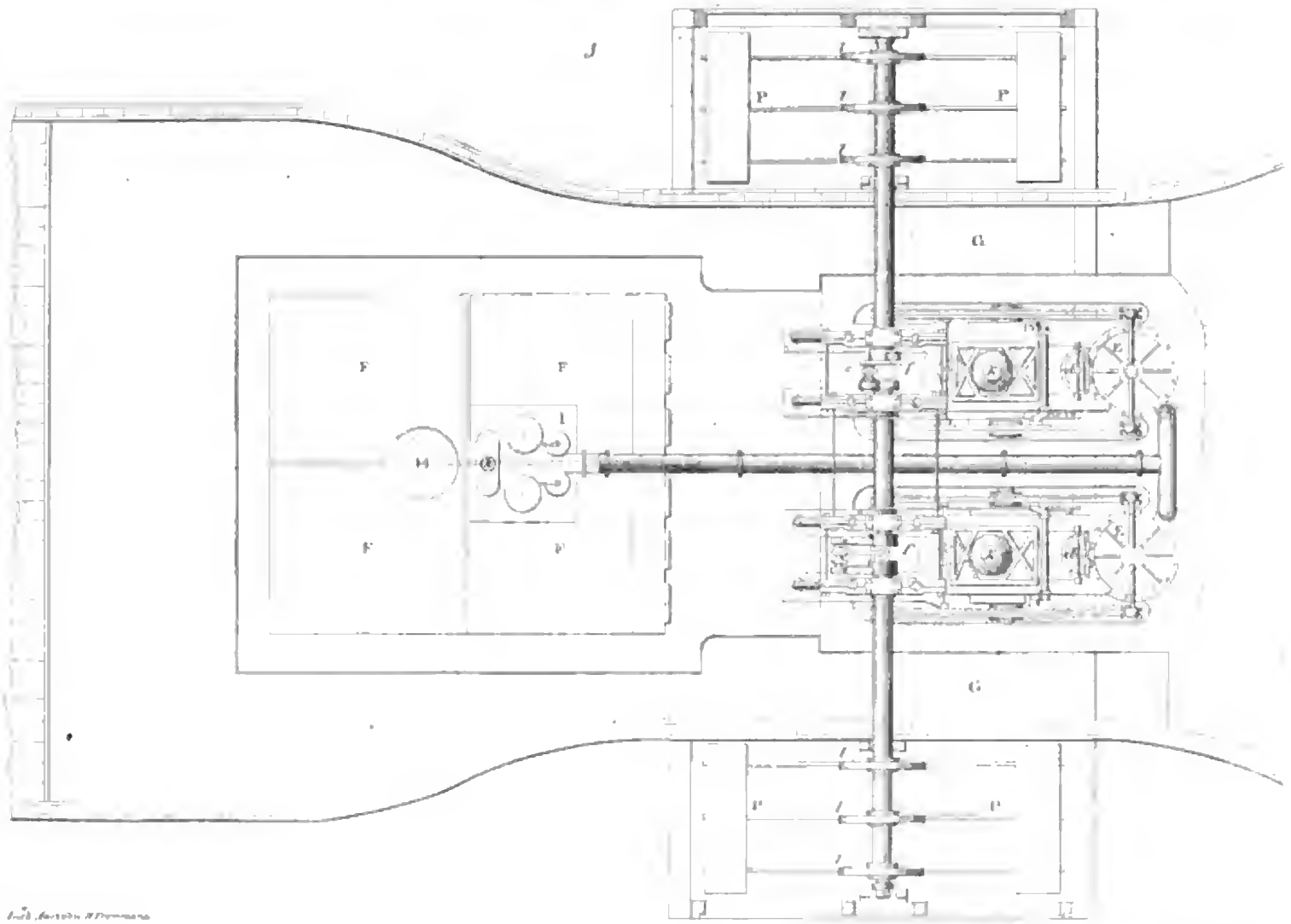
(GRUNDRISS)



Digitized by Google

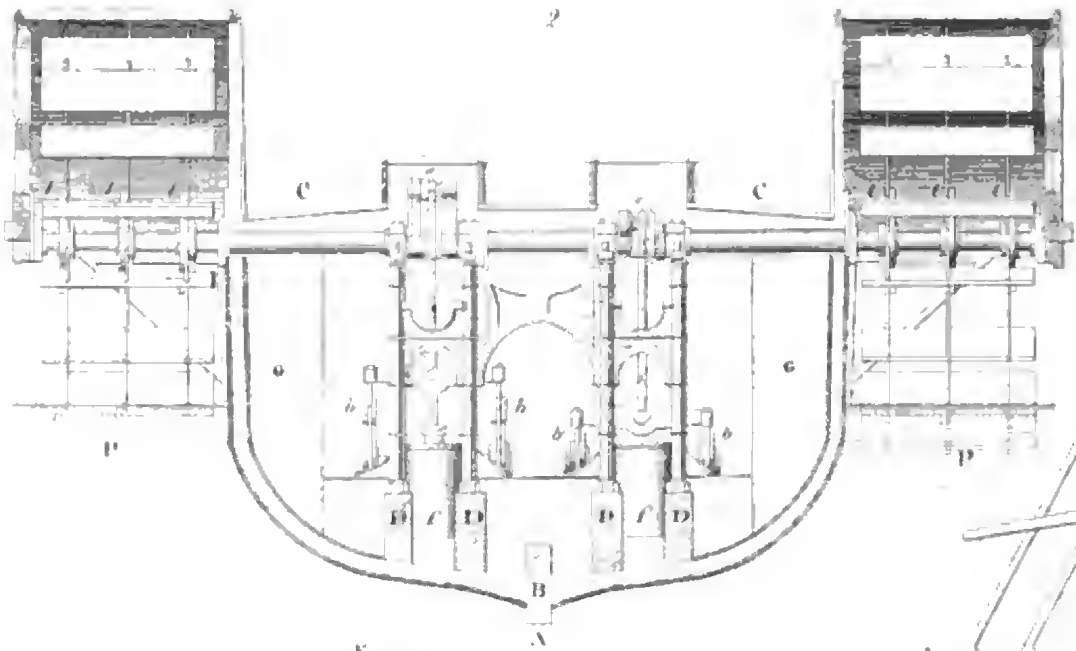
Digitized by Google

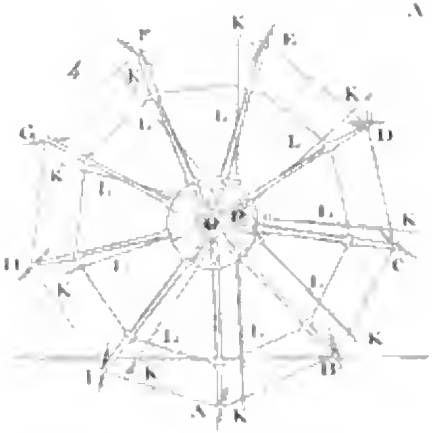


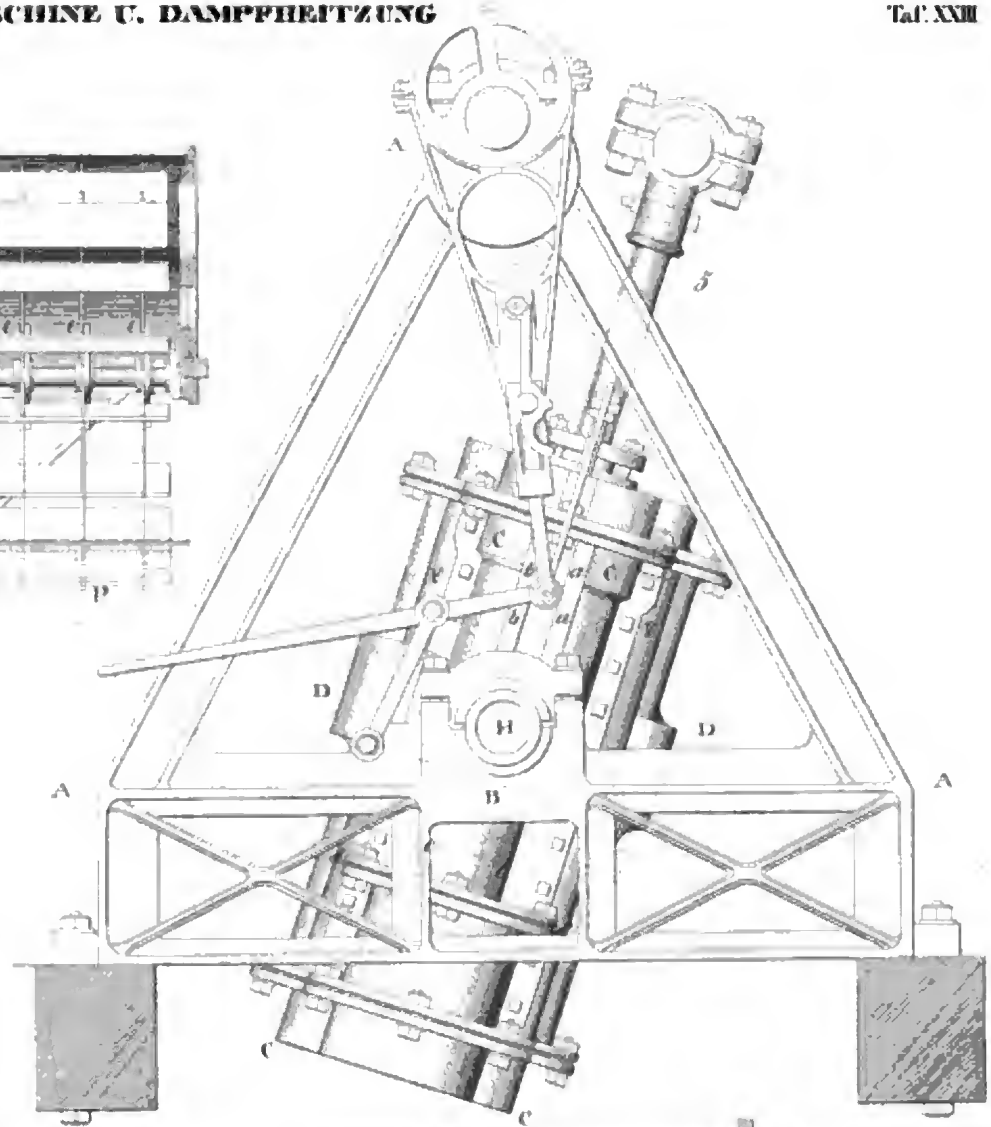


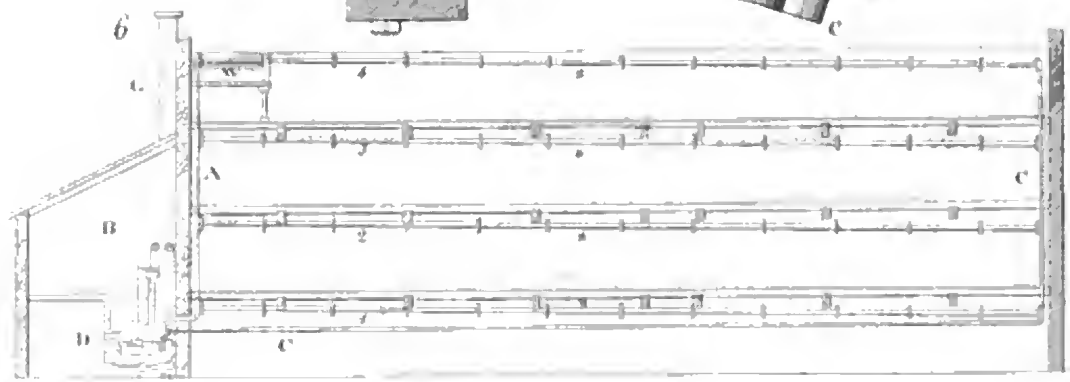
Digitized by Google

Digitized by Google









Digitized by Google

Digitized by Google